

# BUILDING & MANAGEMENT

E-JOURNAL. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

January  
April  
2017



**BUILDING & MANAGEMENT**  
JANUARY - APRIL 2017  
ISSN 2530-8157



# BUILDING & MANAGEMENT

VOLUME 1 ISSUE 1

---

# BUILDING & MANAGEMENT

SCIENTIFIC e-JOURNAL

VOLUME 1 ISSUE 1 JANUARY - APRIL 2017



Escuela Técnica Superior de Edificación  
Universidad Politécnica de Madrid

ISSN: 2530-8157  
**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE EDIFICACION. ETSEM**

Avenida de Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid  
Phone: 913367611  
www.edificacion.upm.es  
e-mail: bm.edificacion@upm.es

**DIGITAL EDITION**  
www.polired.upm.es

#### FRONT AND BACK COVERS IMAGES

Office building  
Calle Apolonio Morales 29. Madrid  
Property development and Construction Builder  
Fernández Molina Obras y Servicios  
Architects  
IEI - Instituto Europeo de Innovación y Desarrollo Tecnológico  
MM Arquitectura de bajo impacto

**BUILDING & MANAGEMENT** is an open access scientific e-journal published every four months that accepts original, high quality and not published manuscripts. The journal scope covers all the phases of the building: project, construction, in-use, maintenance and end-of-life, and comprises a wide range of activities associated with the management of building processes where various agents in the sectors of architecture, engineering and construction participate.

**GESTIÓN EN EDIFICACIÓN** es una publicación científica cuatrimestral en la que se incluyen trabajos originales, de alta calidad, que no hayan sido publicados en otras revistas. Su ámbito abarca todas las fases de proyecto, ejecución, operación, mantenimiento y fin de vida del edificio y comprende un amplio abanico de actividades asociadas a la gestión de los procesos del edificio en las que participan diversos agentes de los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

The criteria and opinions expressed in this publication are the sole responsibility of the authors. Copyright and intellectual property rights of published documents belong to their authors, who are responsible of the published material copyright.

Los criterios y opiniones expuestos son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor y la propiedad intelectual del material publicado pertenecen, así mismo, a sus autores, quienes son responsables de los permisos sobre derechos del material publicado.

#### EDITOR - IN - CHIEF / DIRECCIÓN DE REDACCIÓN

Inmaculada Martínez Pérez Universidad Politécnica de Madrid

#### MANAGING EDITOR / SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Sonsoles González Rodrigo Universidad Politécnica de Madrid

#### ASSOCIATE EDITORS / COMITÉ EDITORIAL

Patricia Aguilera Benito Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Francisco de Borja Chávarri Caro Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Gregorio García López de la Osa Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Julián García Muñoz Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
María de las Nieves González García Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Carolina Piña Ramírez Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
María Isabel Prieto Barrio Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Mercedes Valiente López Universidad Politécnica de Madrid, Spain

#### EDITORIAL ADVISORY BOARD / COMITÉ CIENTÍFICO

Antonio Baño Nieva Universidad de Alcalá, Spain  
Roberto Barrios Corpa Intemac, Spain  
Xavier Brioso Universidad Católica Pontificia de Perú, Lima, Perú  
Daniela Brizuela Valenzuela Universidad Central de Chile, Santiago, Chile  
Álvaro Cerezo Ibarrondo Escuela Vasca EVETU del IVAP, Bizkaia, Spain  
Alfonso Cobo Escamilla Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Miguel de Diego Elvira IDOM, Spain  
Luis de Pereda Fernández Eneres / Instituto Europeo de Innovación, Spain  
Emmanuel Dufrasnes Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Strasbourg / Ministère de la Culture et de la Communication, France

Jesús Esteban Gabriel  
Ignacio Fernández Solla  
José Antonio Ferrer Tevar  
George Govaere Vicarioli  
Helena Granados Menéndez  
Louis Gunnigan  
Sara Gutiérrez González  
Héctor Hernández López  
Andrej Jodko  
Marta Kosior-Kazberuk  
Sandra Llorente Monleón  
Oscar López Zaldivar  
Fernando Martín Consuegra  
Fernando Machicado Martín  
Francisco J. Martínez Montesinos  
Juan Manuel Medina  
Trevor Mole  
Fernando Moral Andrés  
Isabel Pérez Millán  
Rudy Piedra Mena  
Carlos J. Plampliego  
Mara Rodríguez Hermida  
Ángel Rodríguez Saiz  
María Segarra Cañamares  
Begoña Serrano Lanzarote

Patricia del Solar Serrano  
Ricardo Tendero Caballero  
Nelia Valverde Gascueña  
Amparo Verdú Vázquez

Universidad de Alcalá, Spain  
Intemac, Spain  
Universidad Católica Pontificia de Perú, Lima, Perú  
Universidad Central de Chile, Santiago, Chile  
Escuela Vasca EVETU del IVAP, Bizkaia, Spain  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
IDOM, Spain  
Eneres / Instituto Europeo de Innovación, Spain  
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Strasbourg / Ministère de la Culture et de la Communication, France  
Grupo SGS, Madrid, Spain  
ARUP, Spain  
CIEMAT, Spain  
Universidad Costa Rica, Costa Rica  
Consejo Arquitectos / Comisión Europea  
Dublin Institute of Technology, Ireland  
Universidad de Burgos, Spain  
Universidad Central de Chile, Santiago, Chile  
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania  
Bialystok University of Technology, Poland  
Conspace. Via Célere, Spain  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja  
UNE. Asociación Española de Normalización, Spain  
Universidad Católica de Murcia, Spain  
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia  
Property Tectonics / Salford University, Manchester, UK  
Universidad Nebrija, Madrid, Spain  
Universidad Católica de Murcia, Spain  
Universidad Costa Rica, Costa Rica  
Project Management Institute Madrid, Spain  
Instituto Tecnológico de Galicia / BREAM, Spain  
Universidad de Burgos, Spain  
Universidad de Castilla la Mancha, Spain  
Instituto Valenciano de Edificación / Universidad Politécnica de Valencia, Spain  
Acerta, Madrid, Spain  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
Universidad de Castilla la Mancha, Spain  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain

## SUMMARY

### EDITORIAL

Inmaculada Martínez Pérez, Gregorio García López de la Osa \_\_\_\_\_ i

## ARTICLES

---

### IMPLEMENTATION OF BIM IN SPANISH CONSTRUCTION INDUSTRY

IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA DE LA CONSTRUCCIÓN \_\_\_\_\_ 1  
Silvia Andrés, Aránzazu de la Peña, Patricia del Solar y María Dolores Vivas

### ENVIRONMENTAL IMPACT COMPARATIVE TOOL BASED ON LIFE CYCLE ASSESSMENT

HERRAMIENTA COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL BASADA EN MÉTODO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA \_\_\_\_\_ 9  
Clara Jiménez Gámez

### DESIGN AND DEVELOPMENT OF A NOVELTY SYSTEM OF MODULAR BATHROOMS

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN NOVEDOSO SISTEMA DE BAÑOS MODULARES \_\_\_\_\_ 18  
Sandra Llorente Monleón

### MANAGEMENT IN THE CONSERVATION OF PATRIMONIAL ARCHITECTURE AND HISTORICAL CENTERS

LA GESTIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA PATRIMONIAL Y DE NUESTROS CENTROS HISTÓRICOS \_\_\_\_\_ 27  
José Luis Javier Pérez Martín

### BIM METHODOLOGY IN BUILDING ENGINEERING DEGREE:

#### WORKSHOP IN GRAPHICAL EXPRESSION OF TECHNOLOGIES SUBJECT

METODOLOGÍA BIM EN EL GRADO DE EDIFICACIÓN:  
MODELO DE TALLER EN LA ASIGNATURA EXPRESIÓN GRÁFICA DE TECNOLOGÍAS \_\_\_\_\_ 38  
Enrique Nieto, Fernando Rico, Daniel Antón y Juan José Moyano

### CERTIFICATION AND ADOPTION OF A UNIVERSAL ACCESSIBILITY

#### MANAGEMENT SYSTEM IN THE BUILT ENVIRONMENT: CONCEPT AND APPLICATION PROCESS

CERTIFICACIÓN Y ADOPCIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA  
ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN EL ENTORNO CONSTRUIDO: CONCEPTO, PROCESO Y APLICACIÓN \_\_\_\_\_ 48  
Nieves Navarro Cano

### STUDY OF A COMPARATIVE ANALYSIS MODEL OF ENVIRONMENTAL

#### AND ECONOMIC COSTS ON A FAÇADE BASED ON THE LIFE CYCLE APPROACH

ESTUDIO DE MODELO DE ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTES AMBIENTALES  
Y ECONÓMICOS DE UNA FACHADA BASADO EN EL ENFOQUE DEL CICLO DE VIDA \_\_\_\_\_ 57  
Nuria García Horcajo

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

---

68

### DIGITAL EDITION

A digital version of this issue is available to readers, accessible and downloadable at <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

Existe a disposición de los lectores una versión digital del presente número, accesible y descargable en: <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

---

# EDITORIAL

BUILDING & MANAGEMENT

JANUARY - APRIL 2017

INMACULADA MARTÍNEZ PÉREZ  
GREGORIO GARCÍA LÓPEZ DE LA OSA

## BUILDING & MANAGEMENT

The dissemination of knowledge is one of university's primary functions, thereby returning to society the product resulting from the resources it provided in the first place. Research plays an outstanding role in acquiring knowledge, through researchers, laboratories, research groups, programs, applications and a wide range of resources. However, dissemination has multiple ways, some of which are very straightforward but may have a fleeting impact, such as a lecture, conference, symposium, seminar or a conference. Most work reaches completion when put in written form, as a step on which the next one will be built.

Many publications reflect the progress made in building management; these are mostly professional association journals and blogs, however, scientific publications and journals in this field are scarce in Spain. B & M is born to occupy this niche. This new journal is meant to act as a breeding ground for the dissemination of cutting-edge research in the field of building management.

Several scientific journals have emerged in recent years, although only few have attained the levels of excellence demanded from university professors and researchers. B & M aims to be included in high impact indexed lists in the shortest time possible, opening new research possibilities for university members.

This publication creates a new space for professionals who now can develop their specific research interests. The interweaving of knowledge networks can also blaze new trails for researchers, and provide an exponential growth of the results from work.

Managing is a very broad activity that takes place in wide ranging contexts. In the building industry, we manage ideas, and the actual implementation of these ideas, which are the projects and the resulting buildings, and finally we manage the activities deriving from their use and operation .

Una de las funciones primordiales de la universidad es la difusión del conocimiento, devolviendo a la sociedad el producto elaborado de los recursos con que la nutre. La investigación ocupa un lugar destacado en esas formas de adquirir el conocimiento, a través de los investigadores, los laboratorios, los grupos de investigación, los programas, las plataformas y un largo etcétera de posibilidades. Por otro lado la difusión tiene múltiples vías, algunas de las cuales son muy directas pero perecederas, como la que se hace oralmente en un aula, conferencia, simposio, jornada o congreso. La labor debe concluirse expresando en un escrito ese saber, ya sea en un libro o en una revista científica, alcanzando así la máxima utilidad como escalón sobre el que el siguiente avance podrá alzarse.

Numerosas publicaciones reflejan los avances derivados de la gestión en la edificación, sobre todo, en revistas profesionales de la construcción y en blogs, no obstante, las publicaciones de carácter científico en este ámbito son escasas en nuestro país. B&M viene a servir de plataforma a la difusión de los avances en el ámbito de la gestión en edificación, ocupando ese vacío en la literatura científica.

En los últimos años, han surgido múltiples revistas científicas surgidas en los últimos años, aunque son pocas las que van alcanzando los niveles de excelencia propios de la exigencia actual para los profesores y/o investigadores. B&M tiene el propósito de ir consolidando su posición, ascendiendo con los plazos mínimos en los índices que dotan de su prestigio a las mejores revistas internacionales.

Con esta publicación, cuyo primer número es una realidad, se establece un nuevo vínculo entre aquellos profesionales interesados, por razón de su trabajo, en los aspectos específicos de la gestión en la edificación. Es una realidad de sobra conocida que el establecimiento de redes de conocimiento redundan en beneficio de todos los adscritos a ella y además produce un crecimiento exponencial de los frutos que del trabajo común y compartido se deriva.

Gestionar es una actividad muy amplia que se desarrolla en áreas muy diversas. En el mundo de la edificación gestionamos las ideas, sus frutos que son los proyectos, los edificios resultantes y finalmente las actividades derivadas de su amortización.

But we should not forget all the activities involved in the different phases of the process. To ensure that an idea becomes a technical project, feasibility and risk studies must be conducted.

In order for a project to develop into a building, administrative procedures, permits, licenses, fees and contracts must be properly planned and managed.

During the construction of the building, it will be necessary to control the planning, at all levels, namely production, health and safety, environmental aspects and quality. There will be cost control at each stage of the sequence, in the property developer selling process, in the builder manufacturing process, in the subcontractor collaboration process, and in the public administration control process.

During the building use and operation stages, a full facility management scheme must be implemented, including preservation, maintenance and control of every fundamental variable, such as energy, hygrothermal and acoustic behavior, air quality, accessibility and the compliance of these factors with current and forthcoming building standards.

In the last stages of a building's life cycle, it will be essential to manage rehabilitation and restoration factors, as well as the adaptation of the existing building to new uses. This process starts with comprehensive collection of data and a diagnosis, including feasibility studies and the adoption of intervention criteria.

In all the phases, it will be necessary to manage new variables, data transfer and big data. Additionally, it will be vital to measure, assess, monitor and manage the deadlines, the financial, human and material resources, as well as the environmental impact, waste generation, water and energy use and any other resources on tap.

A close connection with the environment will be established through adequate land-use planning that respects natural resources and the environmental quality. Training and research progress must always be considered. Technical and economic appraisals will be carried out. All the above and many more will be addressed in every new issue thanks to the effort and support of those who have contributed to this journal.

Selecting the articles for this very first collection of works has not been an easy task given the quantity and quality of the manuscripts submitted.

Finally, we would like to thank all contributors and hope for this journal to live long and pave a new way for professionals and researchers in the building industry. Thanks to all who have made Building & Management possible.

Pero no podemos olvidar todas aquellas actividades que son necesarias en cada una de las partes del proceso. Para que una idea pase a proyecto habrá que analizar su viabilidad, sus condicionantes de todo tipo y los riesgos que conlleva.

Y para que un proyecto se convierta en un edificio habrán de gestionarse los trámites administrativos, permisos, licencias, tasas, las contrataciones y todo ello será planificado adecuadamente.

Durante el proceso de obra, habrá que controlar la planificación, a todos los niveles: producción, seguridad, medioambiente, calidad. Existirá un control de costes en todos los eslabones de la cadena, el promotor que está vendiendo, el constructor que produce, el subcontratista que colabora, la administración que controla.

Ya en uso del edificio se gestionará todo ese patrimonio edificado, con una adecuada conservación, mantenimiento y control de todas las variables de uso del edificio: energía, higrotermia, acústica, calidad del aire, accesibilidad y adecuación a la evolución que las normas que nos regulan vayan teniendo.

En las últimas fases de vida útil del edificio, se gestionará la rehabilitación y restauración que sea necesaria, así como la adecuación a nuevos usos, partiendo de una exhaustiva toma de datos y diagnóstico, de un apropiado análisis de viabilidad técnica y económica y con criterios de intervención adecuados.

Y en todas las fases habrá que gestionar los cambios, la documentación disponible, la transferencia de datos, el uso del big data, habrá que medir, valorar, monitorizar, gestionar los plazos, los recursos financieros, humanos y materiales, el impacto en el medioambiente, la generación de residuos, el uso del agua, energía y otros recursos, etc.

Nos relacionaremos con el entorno gestionando el territorio, con una planificación urbanística adecuada que respete los recursos y la calidad del medioambiente.

Siempre habrá que gestionar la formación y los avances de la investigación. Será necesario valorar y peritar. Y tantas y tantas cosas que se quedan en el tintero pero que con el tiempo irán surgiendo en las páginas de los siguientes números.

No ha sido sencilla la elección de los artículos, ya que por suerte ha habido calidad y cantidad suficiente, gracias en muchos casos al entusiasmo de aquellos que concedores de que los comienzos son complicados, han aplicado su sabiduría y entusiasmo en facilitarlos.

Queda, para despedirse, expresar el deseo fuerte y profundo de que esta andadura sea larga y provechosa y redunde en el mejor conocimiento de lo que tanto se trabaja en nuestras áreas de conocimiento.

Que este, ahora pequeño punto de la vastedad, se convierta en una referencia querida y respetada por todos aquellos que dedican su trabajo al desarrollo del mismo. Gracias a todos los que habéis hecho posible este comienzo.



# Implementation of BIM in Spanish construction industry

## Implementación BIM en la industria española de la construcción

**SILVIA ANDRÉS**

Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño. Universidad Europea de Madrid. [silvia.andres@universidadeuropea.es](mailto:silvia.andres@universidadeuropea.es)

**ARÁNZAZU DE LA PEÑA**

Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño. Universidad Europea de Madrid. [aranzazu.delapena@universidadeuropea.es](mailto:aranzazu.delapena@universidadeuropea.es)

**PATRICIA DEL SOLAR**

Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño. Universidad Europea de Madrid. [patricia.delsolar@universidadeuropea.es](mailto:patricia.delsolar@universidadeuropea.es)

**MARÍA DOLORES VIVAS**

Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño. Universidad Europea de Madrid. [mariadolores.vivas@universidadeuropea.es](mailto:mariadolores.vivas@universidadeuropea.es)

- ◊ The research's aim is to ascertain BIM implementation in the Spanish AEC market.
- ◊ BIM tools are being used in the design stages.
- ◊ BIM user profile is an Architect, between 35 and 49 years old, who is self-taught.
- ◊ Use of BIM tools in the construction stage is minor.

**The Spanish construction industry has been subject to EU Directive 2014/24/UE. This directive allows member states to encourage, specify and even require the use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects financed by EU public funds as of 2016. The QBIMInvest Project (supported by the Universidad Europea de Madrid) has conducted a survey, which is the subject of this article, on the implementation of Building Information Modeling in the Spanish AEC industry. This research uses 548 responses from a sample of Spanish AEC professionals to demonstrate that currently BIM tools are only being used in the design stage of residential buildings. There are few cases of them being applied in the construction, operation and maintenance stages or in other project types. On the other hand, professionals think that they will need at least 3 to 5 years to finish implementing BIM in projects.**

*BIM, Architecture, Building Engineering, Construction*

- ◊ El objetivo de la investigación es conocer la implantación del BIM en el mercado español de AEC.
- ◊ Las herramientas BIM se utilizan en las etapas de diseño.
- ◊ El perfil de usuario de BIM es un Arquitecto, entre 35 y 49 años, autodidacta.
- ◊ El uso de herramientas BIM en la etapa de construcción es menor.

**La directiva UE 2014/24 invita a los Estados miembros a que fomenten, especifiquen y requieran el uso de Building Information Modeling (BIM) en los proyectos de construcción financiados con fondos públicos de la UE a partir de 2016. El Proyecto QBIMInvest (financiado por la Universidad Europea de Madrid) ha llevado a cabo una encuesta para conocer el uso de BIM en el sector AEC español. Las 548 respuestas, obtenidas de una muestra de profesionales españoles del sector, muestran que las herramientas BIM actualmente solamente están siendo utilizadas en la etapa de diseño de edificios residenciales. Hay pocos casos en los que se aplica en las etapas de construcción, operación y mantenimiento o en otros tipos de proyectos. Por otro lado, los profesionales piensan que van a necesitar por lo menos de 3 a 5 años para completar la integración de BIM en los proyectos.**

*BIM, Arquitectura, Ingeniería de Edificación, Construcción*

## 1. INTRODUCTION

**B**IM is one of the most promising advances in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry. Currently, the industry is continuing to inform their association members, stakeholders, etc. about BIM adoption in various ways [1]. Collaborative working software like BIM, which enhances the coordination between multidisciplinary teams throughout the building design and execution process [2, 3], has appeared in the AEC industry over the last decade. This methodology covers and manages all the building lifecycle information, simulating and updating digital representations for all the construction stages, functioning, demolition, and recycling.

BIM solutions create and operate with digital databases for

collaboration; manage changes in these databases, ensuring that a change to any part of the database is reflected in all the other parts; and capture and preserve information for reuse by other industry-specific applications. By applying information technology to the problem of describing a building in software, they enable higher quality work, greater speed, and more cost effectiveness for building design, construction, and operation [4]. These data-rich models can be effectively used by other members of the design team to coordinate the fabrication of a building's different systems. This has innumerable advantages in off-site construction domain including speed, economy, sustainability, and safety [5].

Since February 2014 the Spanish construction industry has been subject to EU Directive 2014/24/UE [6], which seeks to modernize European Government procurement and reduce costs in the 28 EU member states. This directive allows member

states to encourage, specify and even require the use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects financed by EU public funds as of 2016 [7]. In July 2015 the Ministry of Development established a commission for BIM methodology implementation in Spain, scheduling its Regulatory Approval for 2018 and compulsory use in Public Tenders for Building in 2018 and for Infrastructure in 2019 [8].

### 1.1. BIM ADOPTION

Many reports indicate that BIM is now widely used in some countries. However, BIM has experienced slow and limited circulation and adoption in others [9]. According to the NBS National BIM Report 2015 [10], which analyzes BIM adoption in the UK, 50% of responders are aware of BIM tools and use them on a regular basis, and 83% expect to use them within one year. In North America industry-wide adoption of BIM surged from 28% in 2007 to 70% in 2012, and Architects, Engineers and Contractors presented almost the same adoption levels (70%, 67%, and 74%) [11]. The recent 2015 NBS National BIM Report [10] shows that BIM adoption in the UK is going from being led by innovators and early adopters towards becoming a more mature market. Time, levels of expertise and cost remain barriers to BIM adoption. There is still a lack of clarity in the industry and many are skeptical of the claims some people are making about BIM.

In their study on using BIM, Succar and Kassem [12] indicate that there is a lack of research on how this innovation is being promoted in the construction industry. The available studies addressing BIM implementation and promotion in the market rely heavily on surveys created and launched by commercial service providers. Some of the most important studies have been conducted in Europe, the US and Canada, the UK and Australia: The business value of BIM in Europe, SmartMarket Report 2010 [13], The business value of BIM in North America [11], The business value of BIM in Australia and New Zealand, SmartMarket Report [14], NBS, International BIM Report 2013, 2014 and 2015 [10, 15, 16], National Guidelines for Digital Modelling [17]. While there is also academic research on adopting BIM in other countries such as China [18], Finland [19], Iceland [20] and India [21], no such project has been undertaken in Spain until now. The QBIMInvest Project (supported by the Universidad Europea de Madrid) has recently conducted a survey, which is the subject of this article, on the implementation of Building Information Modeling in the Spanish AEC industry.

### 1.2. BIM BENEFITS

The benefits of implementing BIM processes and technologies have been widely espoused. They include [25]: reduced construction costs [22, 23, 24]; better quality of design information; integration of project systems, data and teams; a lower propensity for change orders; improved interoperability; and whole lifecycle asset management.

The research conducted by Eadie, Browne, Odeyinka, McKeown, & McNiffen in 2013 [22] draws the following

conclusions: the collaborative aspects have the most positive impact; the process aspects are more important than the software technology; BIM requires investment in software and training (however, smaller practices can afford this) [13]; clients receive the most financial benefits from BIM, followed by Facility Managers; BIM is not being used to its full potential in the facility management stage; the operation and maintenance stages (facility management) make up 60% of the total project cost [26]; in 2013 less than 10% of professionals were using BIM technology in this field; and BIM is mostly used in the early stages of the project lifecycle.

The recent 2015 NBS National BIM Report in the UK [10] shows that the professionals who have adopted BIM are keen to promote the benefits. These include improved cost efficiencies, client outcomes, co-ordination, delivery speed, and information retrieval. These benefits are perceived by the majority of BIM users. With 92% stating that they will be using BIM within three years, these benefits are expected to be felt across the board. In the UK the AEC industry sees BIM as assisting the country to meet at least two key targets: a 33% reduction in construction and whole-life costs, and a 50% reduction in the overall time from inception to completion.

### 1.3 BIM disadvantages

The disadvantages or challenges of implementing BIM relate to software and hardware issues. The AEC industry has identified interoperability as a problem. The causes are that the various players have to use many diverse applications and systems, and that dynamics and adaptability are essential to operate in this sector [27, 28]. While there are interoperability issues between different BIM software packages, such technical issues are likely to be resolved by the package providers over time. More difficult to resolve are the related issues of people agreeing on common IT platforms, cooperating with each other to share their BIM data models, and not restricting the flow of information to and from other parties by protecting the ownership and intellectual property rights of BIM-generated output. [28]. Together with cost/benefit analysis, there also needs to be more awareness-raising and general up-skilling in the sector. Hence, senior managers at construction companies will need to invest in BIM education and staff training [22, 28].

## 2. METHODOLOGY

To ascertain the extent to which BIM has been implemented in the Spanish AEC market, a quantitative methodology based on surveys has been adopted. The survey design is a Descriptive, Observational, Prospective and Cross-sectional Study type.

The Target Population of the survey is Architects, Technical Architects, Building Engineers, Civil Engineers, Highway Engineers and Industrial Engineers working in the construction sector.

No probability convenience sampling has been applied. This is also known as accidental sampling because the selected sample is made up of individuals who chose to participate in

the survey was developed with the open-source software SurveyMonkey [29], which allows users to create personalized surveys online. It also offers analysis and data representation tools.

To select the survey questions other similar studies were referred to, among which it is worth mentioning the NBS National BIM Report [10] [14] [15], the national survey on BIM use conducted in Chile in 2013, [30] and the analysis by Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C. and McNiff, S. on BIM implementation in construction projects across the UK [22].

To circulate the survey the professional network LinkedIn was mainly used [31]. It was published in 45 professional groups connected to the national construction industry, which means that it could have reached 139,332 individuals. Although it must be taken into account that a single user may be a member of several groups, so it is likely that the actual number of individuals who accessed the survey is lower.

In each of the professional groups, the survey was published in the “debates” area, generating a new update for all the group members. Two reminders for each publication were scheduled, with an interval of between 7 and 10 days for each. The survey was also circulated at the Universidad Europea de Madrid.

It was emailed to the professors in the Building Technology & Management Department at the School of Architecture, Engineering and Design. It was also published in the “Campus

Virtual” General Forum of the subject Foundations (Bachelor’s Degree in Building Engineering). Finally, the research team members also sent the survey to their professional contacts associated with the sector.

All participants were informed of the study objective and their responses were treated confidentially. Participation was completely voluntary and no economic incentives were given.

Responses were received from April 22nd to May 27th 2015 (35 days). During this period 1200 entries were registered. From these entries, 456 stopped completing the survey or did not respond to the question on whether they used BIM tools. As a result, there are 744 valid entries. These are divided into two groups: one for Spanish nationals and another for other nationalities. 548 entries were completed by Spanish professionals, of which 292 subjects responded that they use BIM tools, while 256 said that they did not.

For a population of 140,000 subjects with a 5% error margin, a t of 1.96 and a confidence level of 95%, the valid sample is 383 [22, 32]. Given that the number of valid responses considered is 548 for a confidence level of 95%, the error margin is less than 5% (4.18%).

This study’s sampling method, instrument type, sample size and confidence level comply with the industry standard in international studies on the same topic, such as the SmartMarket Report [15] or the study conducted by Eadie to analyze BIM use throughout the building project lifecycle in the UK [22].

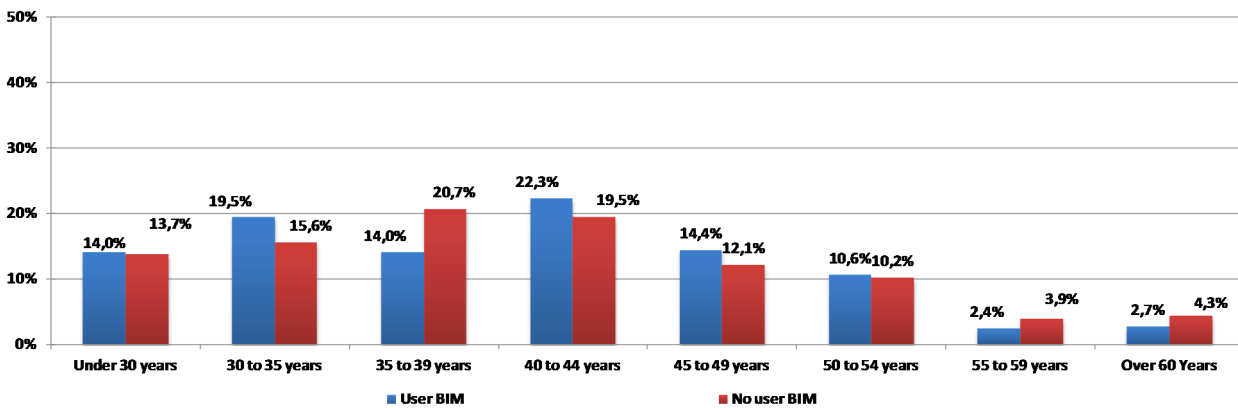


Figure 1: Ages of BIM users

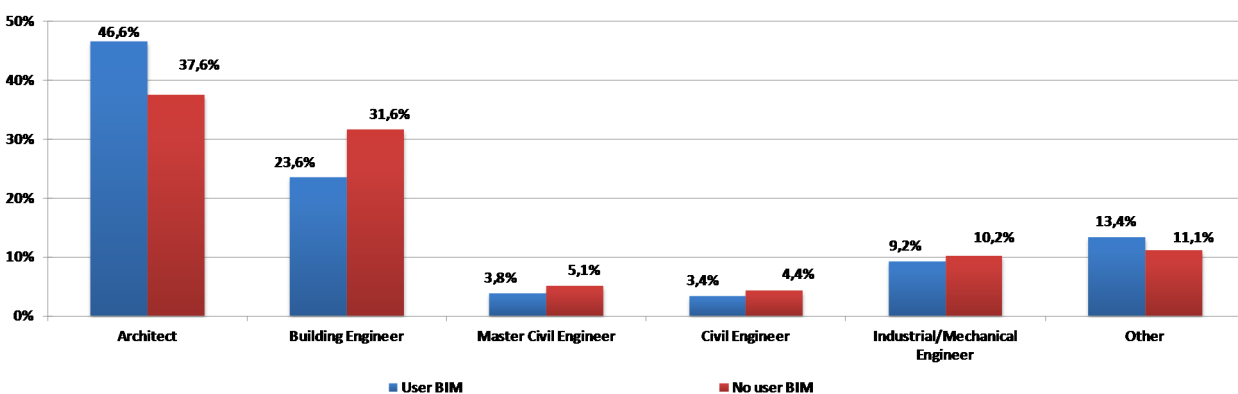


Figure 2: University Degrees of BIM users

### 3. BIM STATUS IN THE SPANISH CONSTRUCTION INDUSTRY

#### 3.1 SAMPLE PROFILE

The surveys received provide a sample divided into similar percentages between professionals who use and do not use BIM tools. In this sense there are no big differences between any of the age groups. The professionals who assert that they use BIM tools are in the 30 to 45 years age group. It is

noteworthy that even in the professionals under 30, the percentage of users and non-users is balanced. Figure 1. 37.6% of the sample are Architects, followed by Building Engineers with 31.6%. It should be highlighted that 46.6% of the Architects state that they are users as opposed to 23.6% of the Building Engineers.

On the contrary, 27.3% of the Architects surveyed affirm that they do not use BIM tools as opposed to 40.6% of the Building Engineers. (Fig. 2).

The random nature of the sample meant that responders came

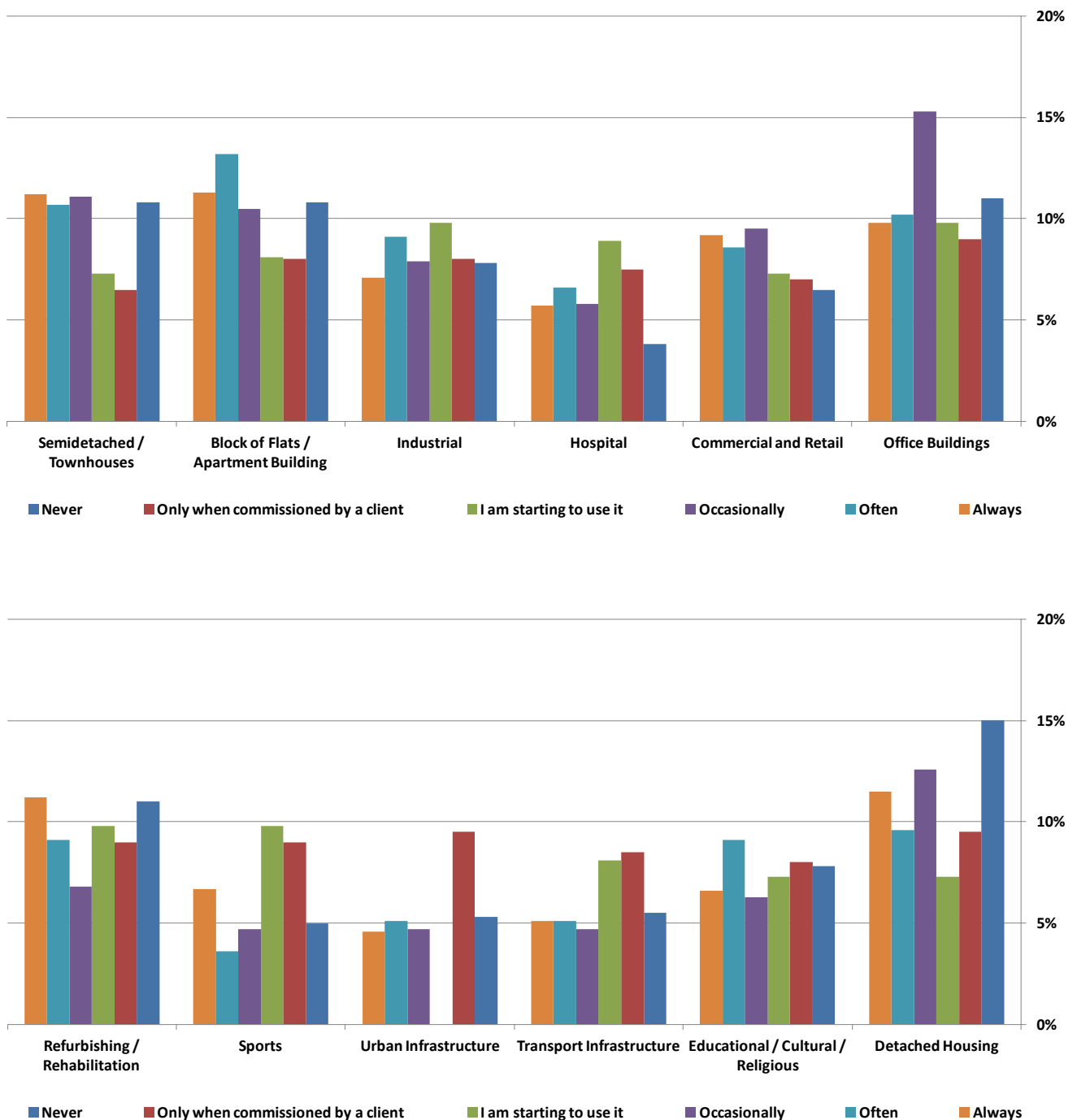


Figure 3: University Degrees of BIM users

Responders could select all the professional tasks they performed. Selecting more than one task indicated that their practices were multidisciplinary.

In the sample, the BIM users' specialties are to a large extent Designer/Architect, Take-off and Budget Estimate, and Project Supervisor. These tasks are normally performed by Architects in Spain. Hence, the results confirm that the large majority of professionals who responded to the survey are Architects working on the technical and economic design and definition of construction works.

3.2 PROJECT TYPES AND STAGES IN THE LIFECYCLE WHEN BIM TOOLS ARE USED

BIM tools are mainly used in all types of residential building projects, making up 30% of the total, followed occasionally by office buildings and refurbishment projects. Figure 3.

That the percentages for the projects in which the responders affirm that they always or never use BIM tools are concentrated in the same project types is because, as seen in table 1, the sample is divided almost by 50% between BIM

users and non-users.

Regarding infrastructure projects, as there is not a significant number of Engineers in the sample studied, the results for these cases are not representative. However, it can be observed that the Engineers who participated in the survey are starting to use and learn about BIM tools.

With respect to project stages, BIM tools are mainly being used in the design stages (conceptual design, preliminary design, detailed design, and take-off and budget estimate). In the other stages, the BIM tools available on the market are scarcely being used. The main use (over 75%) is in project modeling and definition, as well as clash detection activities occasionally. (Fig. 4).

3.3 OPINIONS ON THE IMPORTANCE OF IMPLEMENTING BIM TOOLS IN THE CONSTRUCTION SECTOR

It is worth emphasizing that the responders who are BIM tool users and those who are not mainly coincide in stating that BIM is important (32.9%) or very important (61.1%) for improving professionalism in the construction sector.

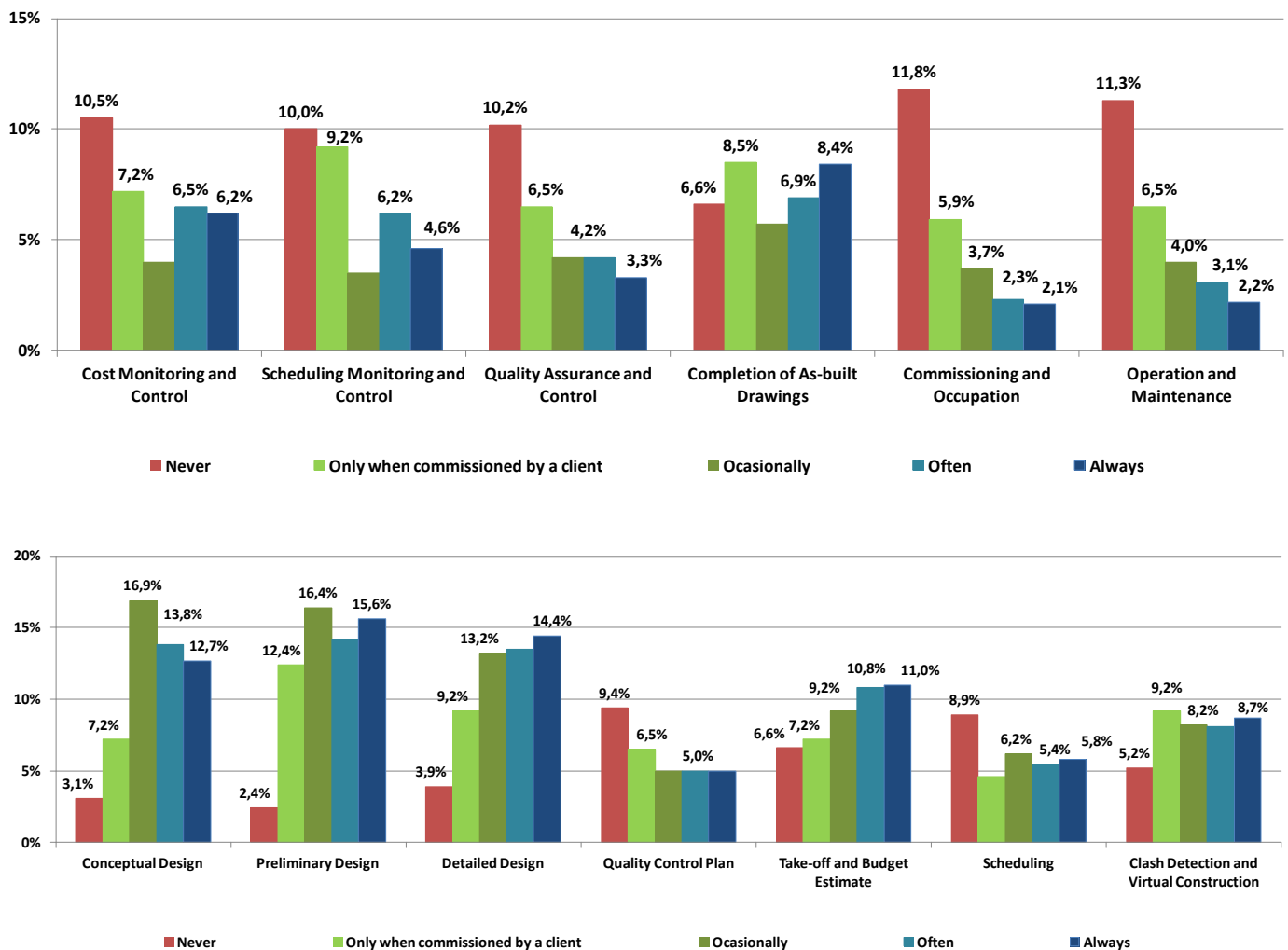


Figure 4: Use BIM tools - Stages of the project lifecycle

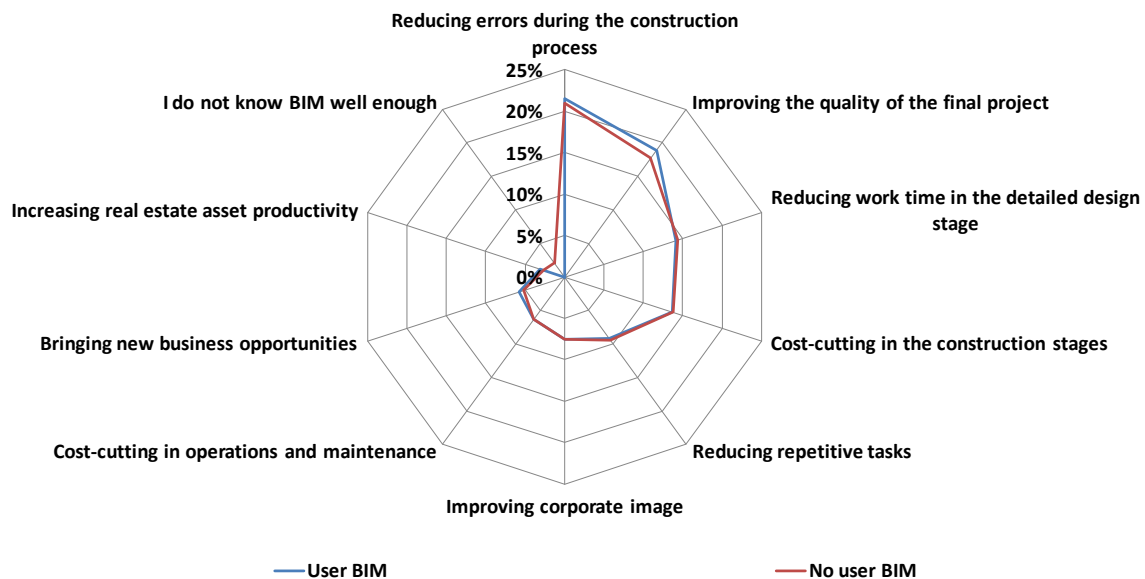


Figure 5: The main benefits using BIM tools

In relation to the opinions on the minimum time needed to implement BIM tools in the construction sector, 41.0% think that it will take 3 to 5 years, closely followed (36.2%) by those who believe that it will take 6 to 10 years.

The survey was conducted in 2015. If we jump forward 3 years to 2018, we reach the year in which the Spanish Government wants the use of BIM tools to be compulsory in public building projects.

### 3.4 BENEFITS AND BENEFICIARIES OF USING BIM TOOLS

Regarding the benefits of using BIM tools, both users and non-users have similar opinions. The main benefits (figure 5) are:

- ◆ Reducing errors during the construction process (21.0%)
- ◆ Improving the quality of the final project (17.7%)
- ◆ Reducing work time in the detailed design stage (14.4%)
- ◆ Cost-cutting in the construction stages (13.8%)

Error reduction during the construction process generally leads to an improvement in the quality of the final project, so these benefits are closely linked.

It is significant that workload reduction in the design stage also appears as one of the main benefits. The sample, as has been shown, is fundamentally made up of Architects who work in this project stage. This means that they are already obtaining these benefits.

On the other hand, it is interesting that cost reduction in the construction stage appears as the fourth main benefit because, as shown in figure 5, BIM tools are not being used in this stage yet, or they are only being used occasionally. Hence, there is no clear information to draw this conclusion, despite the assumption of the professionals participating in this survey.

Meanwhile, the benefit of cost-cutting in operations and maintenance appears in the last positions, which is remarkable

when compared to the results of surveys conducted in other countries and research published on this topic, where the majority of researchers confirm that the main benefit of using BIM in projects is streamlining the building's operation and maintenance costs [22]. However, responders also state that BIM are only being used during this stage in 10% of projects.

The responders believe that the greatest beneficiaries of working with BIM are the Draftspeople (21.4%), followed by the Property Developer (14.8%), the Principal Contractor (13.3%) and the Project Manager and Quantity Surveyor (11.6% and 11.1%). Interestingly, the Owners and the Facility Manager appear in the last positions. These are the people who have an impact on operation and maintenance which, according to most researchers, are the activities that will benefit most from implementing BIM tools [22].

### 3.5 REASONS FOR NOT USING BIM TOOLS AND HOW TO ACQUIRE TRAINING

Considering that the sample is divided by almost 50% between those who state that they are BIM users and those who are not, it is important to identify the reasons why the non-users, despite acknowledging the importance of these tools, are not using them yet. These reasons are essentially:

- ◆ Software cost (17.1%)
- ◆ Our clients do not request it (16.7%)
- ◆ We do not have trained staff (16.2%)
- ◆ We are currently training but still need more time to prepare (14.3%)

In relation to how professionals from the sector are being trained, it is very representative that 38.4% are teaching themselves, which is a higher percentage than that accumulated by the options of company internal training (11.9%), college courses (10.8%) and professional associations (10.3%). (Fig. 6).

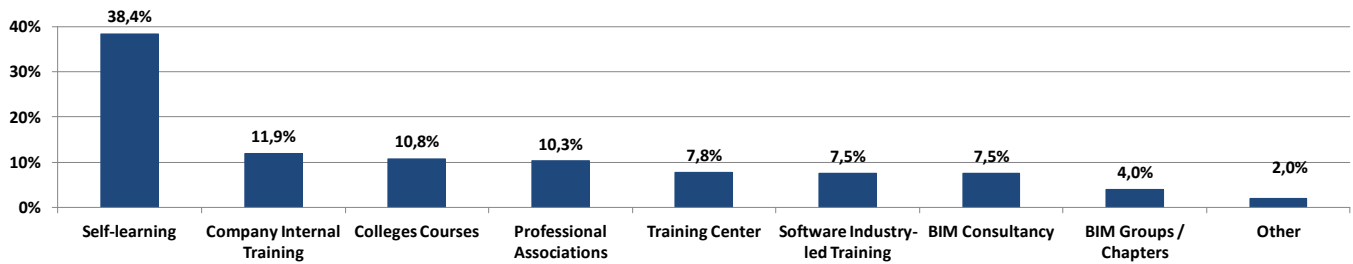


Figure 6: BIM training

#### 4. CONCLUSIONS

According to the data obtained in the survey, it can be concluded that the BIM user profile in Spain is an Architect aged between 35 and 49 years who is self-taught and applies BIM tools in the design stage.

The results show that the Spanish market is very immature in terms of collaborative work with BIM, with superficial knowledge and partial application in the design stage, mainly as a drawing and modeling tool.

Use of BIM tools in the construction stage is minor. In addition, the BIM model of the project is not developed until it has become an as-built model to use for operation and maintenance activities, which are the stages that supposedly benefit most from the use of these tools.

It is worth highlighting the similarity between the opinions of BIM users and non-users. It is believed that this is because the non-users repeat the message that they hear from users and software distributors.

As shown in the study, BIM tools are being used in the design stages. However, the concern regarding intellectual property disputes that is being expressed in other studies conducted in countries that are more advanced in the use of these tools has not been detected [28], which could also be considered a lack of maturity.

On the other hand, there is a shortage of professionals trained in the proven work methodology. The majority are self-taught. It is essential to have formal training that does not exclusively focus on how to use the modeling program; rather, it should cover the various tools as a whole, their interoperability and suitable project management in the different stages.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Universidad Europea de Madrid for supporting this research and all the professionals who have responded to the survey, especially the project collaborators QBIMInvest Daniel Lucio and Diego Quibén.

#### 6. REFERENCES

[1] Sharag-Eldin, A., & Nawari, N. O. (2010). BIM in AEC education. At the 2010 Structures Congress together with the North American Steel Construction

Conference in Orlando, Florida (pp. 1676-1688).

[2] Cabinet Office (2011). Government Construction Strategy. Accessed 9th May 2015, available at: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61152/Government-Construction-Strategy\\_0.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf)

[3] Office for National Statistics (2014). Gross Domestic Product Preliminary Estimate, Q3 2014. United Kingdom. Accessed 10th May 2015, available at: [http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171778\\_381573.pdf](http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171778_381573.pdf)

[4] Autodesk (2002). Building Information Modeling. San Rafael, CA, Autodesk, Inc. Accessed 21th April 2015, available at: [http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk\\_bim.pdf](http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf)

[5] Nawari, N. O. (2012). BIM standard in off-site construction. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 107-113.

[6] European Parliament (2014). Directive 2014/24/UE of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC. Accessed 10th May 2015, available at: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:32014L0024>

[7] Autodesk AEC FEED (2014). European Parliament Directive to Spur BIM Adoption in 28 EU Countries. Accessed 10th May 2015, available at: <http://64.49.226.217/shared/2c9e8e310-faf0-4173-b9ff-34d1ac7c5716>

[8] INECO (2015). Accessed 27th August 2015, available at: <http://www.ineco.com/webineco/comunicacion/actualidad/presentacion%3%B3n-de-la-comisi%C3%B3n-bim>

[9] Xu, H., Feng, J., & Li, S. (2014). Users-orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry. *Automation in Construction*, 39, 32-46.

[10] RIBA Enterprises Ltd (2015). NBS National BIM Report. Accessed 10th May 2015, available at: <http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/nbs-national-bim-report-2015.asp>

[11] McGraw-Hill Construction (2012). The business value of BIM in North America. Multiyear trend analysis and user ratings (2007-2012). SmartMarketReport.

[12] Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.

[13] McGraw-Hill-Construction (2010). The business value of BIM Europe, SmartMarket Report.

[14] McGraw-Hill-Construction (2014). The business value of BIM in Australia and New Zealand, SmartMarket Report.

[15] RIBA Enterprises Ltd (2014). NBS National BIM Report. Accessed 10th May 2015, available at: <http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-National-BIM-Report-2014.pdf>

[16] RIBA Enterprises Ltd (2013). NBS National BIM Report. Accessed 10th May 2015, available at: [http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-International-BIM-Report\\_2013.pdf](http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-International-BIM-Report_2013.pdf)

- [17] CRC (2009). National Guidelines for Digital Modelling.
- [18] Cao, D., Li, H., & Wang, G. (2014). Impacts of isomorphic pressures on BIM adoption in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- [19] Lehtinen, T. (2010). Advantages and disadvantages of vertical integration in the implementation of systemic process innovations: Case studies on implementing building information modeling (BIM) in the Finnish construction industry. Accessed 15th September 2015, available at: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100299.pdf>.
- [20] Kjartansdóttir, I. B. (2012). BIM adoption in Iceland and its relation to lean construction. Master of Science in Construction Management, Reykjavík University, Reykjavík.
- [21] Luthra, A. (2010). Implementation of building information modeling in architectural firms in India. Master of Science, Purdue University.
- [22] Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151.
- [23] Jardim-Goncalves, R., & Grilo, A. (2010). SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space. *Automation in Construction*, 19(4), 388-397.
- [24] BIM Industry Working Group (2011). A report for the Government Construction Client Group. Building Information Modelling (BIM) Working Construction Client Group. Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper. Accessed 23th October 2015, available at: <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>
- [25] Yan, H., & Damian, P. (2008). Benefits and barriers of building information modelling. 12th International conference on computing in civil and building engineering (Vol. 161).
- [26] Akcamete, A., Akinci, B., & Garrett, J. H. (2010). Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. Proceedings of the international conference on international conference on computing in civil and building engineering. Nottingham University Press (151-157).
- [27] Grilo, A., & Jardim-Goncalves, R. (2011). Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective. *Automation in Construction*, 20(2), 107-114.
- [28] Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.
- [29] SurveyMonkey (2015). Accessed 5th August 2015, available at: [https://es.surveymonkey.com/mp/take-a-tour/?ut\\_source=heade](https://es.surveymonkey.com/mp/take-a-tour/?ut_source=heade)
- [30] Loyola, M. (2013) Encuesta Nacional BIM 2013: Informe de Resultados, Departamento de Arquitectura. Universidad de Chile.
- [31] Roca, J.M. (2009). *Revolución LinkedIn, La red profesional de management 2.0. del siglo XXI*. Paidós. ISBN: 9788449322785
- [32] Bartlett, J.E., Kotrlik, J. W., & Higgins, C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 19(1), 43.

---

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.

---

# Environmental impact comparative tool based on life cycle assesment

## Herramienta comparativa de impacto ambiental basada en método de análisis de ciclo de vida

**CLARA JIMÉNEZ GÁMEZ**

Máster en Innovación Tecnológica, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid. e-mail: [c.jimenezg@alumnos.upm.es](mailto:c.jimenezg@alumnos.upm.es)

- ◊ The tool provides a visual report to assess the environmental impact.
- ◊ It is based on LCA with database composed of EPD.
- ◊ Appropriate to assess building systems.
- ◊ Use of BIM tools in the construction stage is minor.
- ◊ There is a development of limits that this tool is facing.

The Life Cycle Assesment LCA is a method used to quantify the environmental impact of a product or service along their life cycle. The tool offered is based on the LCA and will provide an easier and a visual comparative report to assess the impacts generated by two different facade's construction solutions. The source of the results are feed from a database composed of data from the Environmental Product Declaration which is a mechanism used for environmental communication. The Environmental Product Declaration is the most prestigious and well recognized mechanism due to the objectivity incurred on the data collection process. The tool enables selecting various facade's configurations through the combination of different layers. It was decided not to evaluate the actual environmental impacts with the aim of building a decision making tool where the technician will be able to go in depth for the specific impact of each material and identify and approach the important focal points using the comparative report. The LCA simplified tools represent a compromise for a precise evaluation, but it will be necessary to be realistic and transparent about their limits as stated at the end of the paper.

*Environmental impacts, Sustainability, Life cycle assessment, Building assessment tools, Façade comparative assesment*

- ◊ La herramienta proporciona un informe visual comparativo de impacto ambiental.
- ◊ Está basada en ACV con una base de datos compuesta por DAP.
- ◊ Adecuada para evaluar sistemas constructivos compuestos.
- ◊ Desarrolla los límites a los que se enfrenta esta herramienta.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un método que sirve para cuantificar el impacto ambiental de un producto o servicio durante su ciclo de vida. La herramienta que se presenta pretende, basándose en este método, proporcionar de forma simplificada y visual un informe comparativo de los impactos que generan dos soluciones constructivas de fachadas. Los resultados se nutren de una base de datos formada por datos de Declaraciones Ambientales de Producto, mecanismo de comunicación ambiental que goza actualmente de mayor prestigio debido a la objetividad en el proceso de obtención. La herramienta permite seleccionar distintas configuraciones de fachada mediante la combinación de diferentes capas. Se ha decidido no ponderar los impactos con el fin de la herramienta sea un asistente de decisión, donde el técnico pueda profundizar hasta el impacto específico de cada material para poder identificar los focos graves de impacto y actuar en consecuencia, teniendo siempre como referencia el carácter comparativo del informe. Las herramientas de ACV simplificadas representan un compromiso en la precisión de la evaluación, pero es necesario sean realistas y transparentes respecto a sus límites, que se presentan al final del escrito.

*Impacto mediambiental, Sostenibilidad, Análisis de ciclo de vida, Herramienta de edificación, Análisis comparativo de fachadas.*

### 1. INTRODUCTION

La industria de la construcción es una de las que más recursos naturales emplea, tanto renovables como no renovables. Se estima que el 41% del consumo de energía y el 35% de las emisiones de gases son debidos a las edificaciones, solo en Europa. La UE, comprometida con los

objetivos fijados en el Protocolo de Kioto, debe lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 50% para el año 2050 [1].

Es imprescindible que la construcción llegue a ser sostenible. Se ha avanzado en materia de gestión de residuos y conservación de la energía, ya reconocidos en la normativa

española [2, 3, 4], pero es necesario también el uso sostenible de los recursos naturales, contemplado desde la Unión Europea [5, 6].

Para ello ha de plantearse la estrategia a seguir desde la fase diseño. Con el fin de facilitar esa tarea al proyectista se ha desarrollado la herramienta de la que trata este artículo. Basándose en el método de Análisis de Ciclo de Vida y mediante una base datos de Declaraciones Ambientales de Producto se ha elaborado una herramienta que permite la comparación de los impactos ambientales de dos fachadas configuradas por distintos materiales con el fin de identificar los focos de impacto y tomar decisiones en consecuencia.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

### 2.1. VALOR TÉCNICO

Cada vez es más común que el desempeño ambiental de un producto tenga peso en su elección. Es fácil encontrar soluciones que gocen de una imagen ecológica, pero hay que ser conscientes de que esta percepción puede ser fruto del marketing. Se hace evidente la necesidad de herramienta que arroje datos cuantitativos, objetivos, transparentes y verificables que ayuden al técnico a descubrir qué soluciones tienen menor impacto.

En su estudio comparativo de herramientas Abelleira [7] concluye que hay herramientas que analizan por un lado materiales concretos y por otros edificios completos, pero no es corriente encontrar una que analice soluciones constructivas compuestas. Este hueco es el que se ha querido cubrir con la configuración de la herramienta.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un método para evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso. Un estudio completo que contempla desde la extracción de la materia prima hasta su eliminación (de la cuna a la tumba) o reutilización (de la cuna a la cuna), considerando todas las etapas que intervienen (Fig.1).

Esto implica identificar y cuantificar la energía, los materiales usados y los desechos liberados al medio ambiente en cada etapa del ciclo de vida de un producto y expresarlos según categorías de impacto. De este modo se evalúa el impacto ambiental generado y se hallan opciones de mejora [8].

En este informe se presenta una herramienta que permite comparar categorías de impacto ambiental de dos configuraciones de fachada seleccionables. Es conocida la aportación sustancial del muro de fachada a las exigencias derivadas del medio ambiente debido a su capacidad de reducir el consumo energético.

Cada configuración estará compuesta por un conjunto de capas combinables entre sí. El estudio mediante el método de ACV se ha basado en Declaraciones Ambientales de Producto (DAP), cuyos valores de impacto se ponderan para cada sistema según el espesor, y por tanto el peso, contenido en la solución constructiva.

Las Declaraciones Ambientales de Producto (EPD,

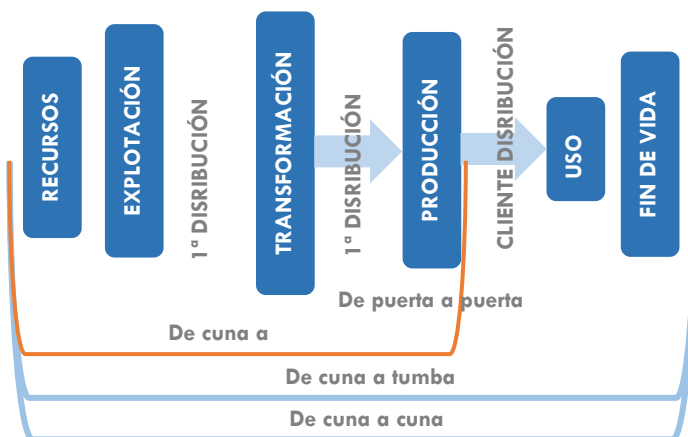


Figura 1: Fases análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Elaboración propia basada en Informe lhobe [9]

Environmental Product Declaration) son documentos que ofrecen de forma transparente y verificable por una tercera parte independiente, información relativa al comportamiento ambiental del producto o servicio certificado en base a un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del mismo [9].

Las EPD son una herramienta útil a la hora de elegir los materiales con el fin de disminuir el impacto de un edificio, pero tienen el inconveniente de que muchas de ellas consideran solo el comportamiento durante la extracción de materiales y su fabricación, ya que carecen de datos respecto a su instalación o ejecución en obra, así como de su uso o el plan que se tiene para demoler o deconstruir. Puede ocurrir que un producto tenga un impacto menor que otro durante estas etapas (llamado análisis de la cuna a la puerta) y que a posteriori, estudiando el conjunto de su ciclo de vida el impacto sea mayor.

Se han escogido estas declaraciones porque son el mecanismo de comunicación ambiental que goza actualmente de mayor prestigio debido a la objetividad en el proceso de obtención y por su contenido en información relevante y entendible sobre los productos [10].

Una ventaja clara del ACV es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece más limpio que otro simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin una mejora real desde el punto de vista global [11].

Para unificar criterios y por ser el caso más común en las DAP se analiza la etapa de ciclo de vida "de cuna a puerta" (Fig. 1.), que contempla los impactos por extracción del material, su transporte a fábrica y su procesamiento. Esto se debe a la falta de datos sobre el resto del ciclo de vida del material, ya que se desconoce la ubicación y ejecución de la obra, así como su fin de vida. Para realizar un ACV completo es necesario conocer los datos que este programa arroja, para completarlos con los característicos de la intervención que se quiera estudiar. Este método puede ayudar a diversas acciones como la identificación de oportunidades para mejorar el desempeño de productos en las distintas etapas de su ciclo de vida [12].

## 2.2. VALOR COMERCIAL

Determinadas medidas, como las de mejora del diseño ecológico o las de prevención y reutilización de los residuos, podrían proporcionar un ahorro neto a las empresas de hasta 604 000 millones de euros en toda la UE (el 8% de su facturación anual) y, de paso, reducir las emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero entre un 2 y un 4% [13].

En conjunto, la adopción de medidas adicionales para mejorar la productividad de los recursos en un 30% para 2030 podría elevar el PIB casi en un 1%, y se podrían crear más de dos millones de empleos [14] Los ciudadanos europeos están convencidos de que existe una fuerte correlación positiva entre crecimiento, empleos y eficiencia en el uso de los recursos.

El Eurobarómetro Flash 388 [15] revela que existe una mayoría sustancial de personas que piensa que un uso más eficiente de los recursos tendría efectos positivos en la calidad de vida de su país (86%), en el crecimiento económico (80%) y en las oportunidades de empleo (78%). Además, consideran que la reducción y el reciclaje de residuos en el hogar (51%) y en la industria y la construcción (50%) marcarían la mayor diferencia en la eficiencia con la que se utilizan los recursos. Por tanto, a medida que aumenta la concienciación social al respeto, aumenta el valor de un menor impacto ambiental como elemento diferenciador de un producto.

Además la Comisión trabaja en la creación de un marco que facilite la Economía Circular, mediante una combinación de leyes, instrumentos de mercado, investigación e innovación, incentivos, intercambio de información y apoyo a iniciativas voluntarias en áreas clave. Con el fin de acoplar todos estos elementos y vincularlos a la agenda de la eficiencia en el uso de los recursos, la EREP ha pedido a la UE que se marque un objetivo de mejora de la productividad en el uso de recursos superior al 30 % de aquí a 2030.

La UE ya ha dado pasos en esa dirección. En primer lugar, ha creado una jerarquía de los residuos, dando prioridad a su reducción y reciclaje. Por su parte, la política sobre productos químicos busca eliminar progresivamente las sustancias tóxicas peligrosas. Numerosos proyectos relacionados con la Economía Circular se financian con fondos europeos. Las iniciativas de contratación pública ecológica por parte de las administraciones públicas estimulan la demanda de productos y servicios más ecológicos, y propician elecciones similares en el sector privado. Igualmente, la Directiva sobre diseño ecológico de productos que utilizan energía, como electrodomésticos o ventanas con doble acristalamiento, ayuda a las empresas a desarrollar productos innovadores con menor impacto medioambiental.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo principal de la herramienta es obtener de la manera más sencilla posible un informe que nos permita observar de forma clara y visual una comparativa de

impactos ambientales entre dos soluciones constructivas que previamente hemos seleccionado.

Existen en la actualidad numerosas herramientas que se basan en ACV. Las más utilizadas son SimaPro y GaBi [16], incluso algunas basadas en hojas de cálculo aplicadas a análisis de fachadas como EEFA [17].

Es importante señalar que el ACV se realiza en función de determinadas categorías de impacto, pero no son las únicas. Además, necesita dotar de preferencia a las categorías cuyo impacto nos resulte más grave para poder concluir qué sistema tiene menos impacto.

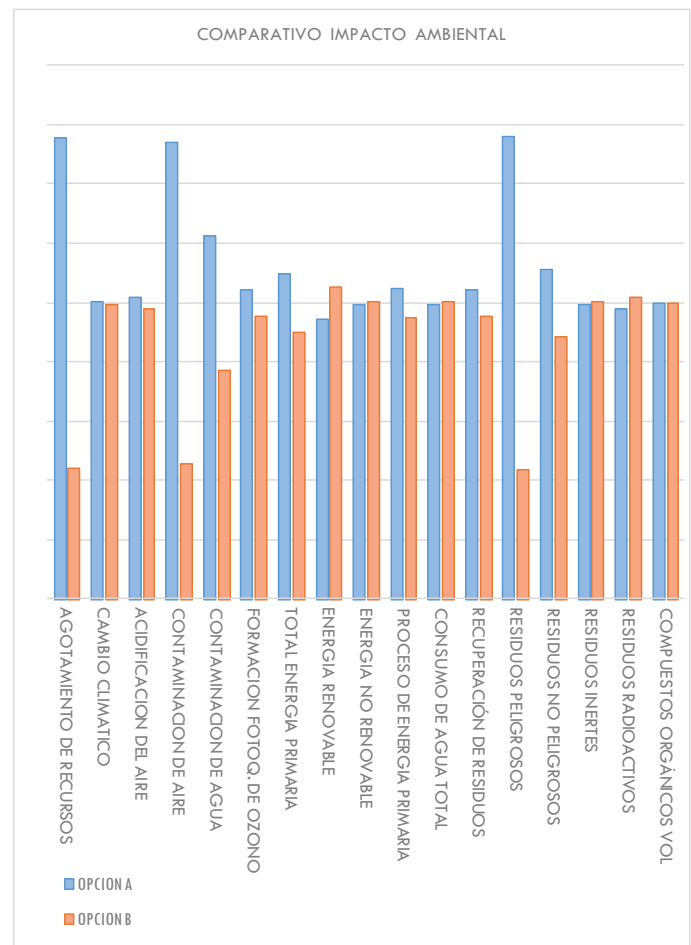


Figura 2: Ejemplo resultado de análisis comparativo

El fin de establecer esa jerarquía es poder obtener un valor normalizado que contenga todos los impactos, mediante una fórmula que multiplique cada impacto por un coeficiente que refleje y pondere su importancia, bien convirtiendo todos a la unidad de medida de uno utilizando un valor adimensional.

No obstante, y con el fin de no tener que utilizar este tipo de fórmula, se le ha dado al programa un carácter comparativo, que nos servirá para decidir siguiendo diferentes criterios.

Se deja a criterio del usuario la cuantificación de la importancia de cada impacto para la toma de decisiones, por considerarse característico de cada proyecto y ubicación.

Además, al haber utilizado DAP, toda la información contenida en el programa es de calidad verificable y libre acceso. El hecho de poder observar gráficamente tanto la comparativa entre sistemas como lo que aporta cada material en cada impacto nos permite localizar los focos de impacto más graves e identificar las mejoras ambientales a aplicar.

Se puede decir que el fin último de esta aplicación es proporcionar al técnico de la forma más sencilla y visual (Fig. 2) todos los datos que necesita para, bajo su conocimiento y criterio, tomar una decisión lo más respetuosa con el medio ambiente.

#### 4. METODOLOGÍA

Una vez definidos los objetivos se sigue con el análisis de inventario (Fig. 3). Para realizar el ACV de diferentes tipos de fachada en primer lugar definimos los materiales que van a componer los niveles seleccionables de la fachada, diferenciándolos en cuatro bloques que a su vez estarán formados por capas. Estos bloques son: capa exterior, capa portante, aislamiento y trasdosado. Se ha configurado de esta manera debido a la función tan distinta que desempeñan cada una de ellas en el comportamiento de la fachada. Se dotó de especial importancia la capa de aislamiento, ya que es la más determinante a la hora de cumplir con el Código Técnico de la Edificación, y con vistas a configurar en un futuro el cálculo del espesor necesario para cumplir en determinada zona geográfica con determinada orientación.

El criterio para la elección de materiales que se ha seguido

ha sido el de disponibilidad de datos, a medida que la base de datos madre aumente, la elección será más amplia y se le podrán aplicar otros criterios.

Los requisitos de calidad fijados nacen de la obligación de obtención de los datos de bases internacionales de datos existentes de materiales que dispongan de DAP.

Existen gran variedad de unidades funcionales (UF) en el estudio de edificios [18]. La elegida en este caso ha sido una UF de 1m<sup>2</sup> relativa a la cual se definirán valores característicos del material (Tabla 1) y de desempeño (Tabla 2). Además, se aportarán datos de numerosas categorías de impacto ambiental, de consumo de recursos e impacto en la salud humana, siguiendo las pautas la metodología CML 2001.

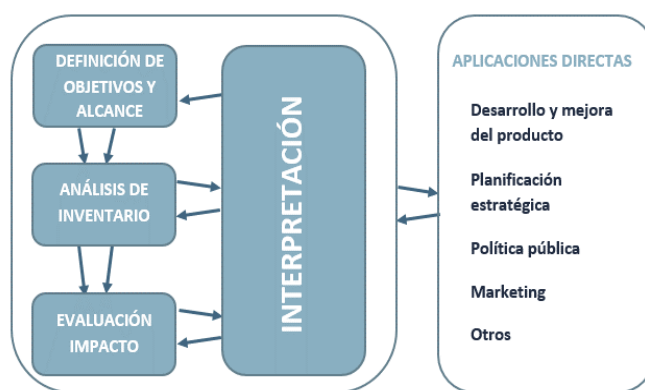


Figura 3: Estructura Metodológica del Análisis de Ciclo de Vida. Elaboración propia. [19]

W/m <sup>2</sup> K	TRANSMITANCIA	Se incorpora la transmitancia con el fin de que, en un futuro sea un valor variable que podamos también seleccionar a la hora de configurar la fachada
Kg	PESO	El peso está directamente relacionado con los impactos de generación de residuos y de transporte, por lo que es necesario conocerlo
cm	ESPESOR TOTAL	
kJ/K	CAPACIDAD CALORÍFICA (EXTERIOR AISLAMIENTO)	
	CAPACIDAD CALORÍFICA (INTERIOR AISLAMIENTO)	

Tabla 1: Parámetros considerados como valores característicos del material

€/año	MANTENIMIENTO	BAJO: si es cada 3 años, consiste solo en limpieza y no necesita operarios MEDIO: no cumple las características de los otros dos. ALTO: cada año por técnicos muy especializados con equipos especializados.
Año	DURABILIDAD	Se ha llegado a un acuerdo para adaptar todos los datos a una durabilidad de 50 años.
Kg/km	RADIO	El radio se expresa en Kg/Km en vez de en Km por la importancia que tiene el peso a la hora de dimensionar el transporte.

Tabla 2: Parámetros considerados como datos de desempeño del material

Las categorías que se considerarán serán las de impacto ambiental [20] y las que repercuten en salud humana. Para ello, y coincidiendo con las categorías que propone, se seguirá la metodología CML 2001.

La metodología de CML, elaborada por el Instituto de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Leiden en los Países Bajos, es la metodología más utilizada y que suele considerarse más completa. Para derivar los factores de impacto utiliza fundamentalmente datos europeos. Las categorías de impacto que se consideran son las siguientes :

◆ Agotamiento de Recursos Abióticos (ADP)

Se consideran recursos abióticos aquellos que rodean a los seres vivos y que junto con ellos conforman el ecosistema; los recursos abióticos son parte de la naturaleza. Incluyen todos los recursos “sin vida” que pueden ser explotados por el hombre entre ellos los recursos energéticos. El potencial de agotamiento abiótico, llamado ADP de sus siglas en inglés, es medido en cantidad de Sb equivalente por cantidad de recurso.

◆ Acidificación (AP)

La acidificación es el resultado de la emisión de contaminantes de carácter ácido, tales como SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> a la atmósfera. Estas emisiones producen daños al ecosistema. Algunos ejemplos de estas sustancias son: nitratos, sulfatos, etc. La unidad de caracterización de este impacto es Kg de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) equivalente por Kg de emisión.

◆ Eutrofización (EP)

Esta categoría se refiere al impacto sobre los ecosistemas acuáticos como resultado de la acumulación de nutrientes (materia orgánica y mineral). Este aumento incrementa el crecimiento de plantas que, debido a su respiración, reducen drásticamente los niveles de oxígeno. Los sedimentos provenientes de las aguas residuales domésticas e industriales favorecen la eutrofización. Dado que los principales nutrientes en los medios terrestres y acuáticos son el nitrógeno y el fósforo, el potencial de una sustancia de generar eutrofización se calcula a partir de la cantidad de nitrógeno y/o fósforo que esta sustancia aporta al medio al ser emitida. En el ACV, los efectos se expresan en relación a los fosfatos de forma que el efecto total sobre la eutrofización se expresa en kg equivalentes de PO<sub>4</sub>.

◆ Cambio climático (GWP)

Se refiere a los daños y enfermedades producidos en las personas como consecuencia del cambio climático. Ejemplos de sustancias: CO<sub>2</sub>, cloroformo o butano. La perspectiva temporal utilizada en este método para la categoría de cambio climático es a cien años vista. La unidad que define esta categoría son los Kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes por Kg de emisión.

◆ Destrucción de la capa de ozono (ODP)

La destrucción de la capa de ozono se refiere a la

reducción del espesor de la capa de ozono estratosférico debido a la emisión de sustancias químicas que atacan y descomponen las moléculas de ozono. Éstas producen daños en los seres humanos debido al incremento de la exposición a los rayos UV. Algunos ejemplos de estas sustancias son los CFC's. La unidad de cálculo que define esta categoría son los Kg de CFC-11 equivalentes por Kg de emisión.

◆ Formación fotoquímica de ozono (POCP)

Los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) bajo la influencia de la radiación solar, reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (COVs), para producir ozono troposférico, este fenómeno tiene lugar principalmente durante los meses de verano. Además la presencia de CO puede igualmente contribuir a la formación de ozono [21]. La presencia de estos compuestos puede ser perjudicial para la salud humana y ecosistemas, pudiendo también ocasionar daño a los cultivos [22]. Las numerosas especies atmosféricas de COVs pueden variar ampliamente en su contribución a la formación de foto-oxidantes. El Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico (POCPs) es usado como factor de caracterización para evaluar y agregar los resultados de inventarios para la categoría de impacto de formación de fotooxidantes. El factor de caracterización POCP, es expresado en kg etileno equivalente por kg de sustancia emitida.

◆ Toxicidad Humana

Actualmente muchos procesos industriales emplean sustancias peligrosas o tóxicas para las personas y/o los ecosistemas. La toxicidad de una sustancia dependerá de la propia sustancia, pero también de la vía de administración o exposición, la dosis, forma de administración, durabilidad, etc. Es muy difícil agrupar todos los posibles efectos tóxicos en un solo impacto. Generalmente, se distingue entre toxicidad para las personas (HTP) y toxicidad para los ecosistemas tanto acuáticos (FAETP y MAETP) como terrestres (TETP), ya que las vías de exposición en uno y otro caso son muy diferentes. La perspectiva temporal que se ha analizado para cada una de estas tres categorías de impacto ha sido de 20 años.

La vida útil de un edificio depende directamente de la vida de sus elementos. Estos pueden verse afectados por la obsolescencia funcional ligada a la demanda del mercado, que puede hacer que su reestructuración o demolición llegue antes de lo esperado [23].

La interfaz que permite la configuración de los materiales y las distintas capas de las fachadas se presenta, en esta versión, como en la figura 4.

Una vez seleccionados los materiales de las diferentes capas, la herramienta arroja un desglose de los impactos de cada material, con el fin de poder localizar, aparte de qué opción es más desfavorable, cuál es el foco del problema y poder actuar en él (Fig. 5). Este informe se produce por duplicado para cada una de las opciones.

OPCION A	FACHADA	SOPORTE	AISLAMIENTO*	TRASDOSADO
MATERIAL PPAL	PERFILERIA.METÁLICA	BLOQUE.DE.HORMIGÓN	RIGIDO	RASILLON
CARACTERISTICAS	PANEL.SANDWICH.4CM	CELULAR.THERMOPIERRE	EPS	MORTERO_JUNTAS
	PINTADO SILICONA	BH.CT.62,5X25X36,5	EPS.E93	YESO
			EPS.E:93.T:31x10 <sup>-3</sup>	PINTADO MATE

OPCION B	FACHADA	SOPORTE	AISLAMIENTO*	TRASDOSADO
MATERIAL PPAL	PERFILERIA.METÁLICA	MURO.DE.MAMPOSTERÍA	SEMIRRIGIDO	RASILLON
CARACTERISTICAS	PANEL.SANDWICH.10CM	PIEDRA.POMEZ	LANA.DE.VIDRIO	MORTERO_JUNTAS
		PP.50X20X35	LANA.DE.VIDRIO.E300	YESO
			LANA.DE.VIDRIO.E:300.T:4x10 <sup>-2</sup>	PINTADO MATE

Figura 4: Interfaz de la Herramienta de análisis medioambiental

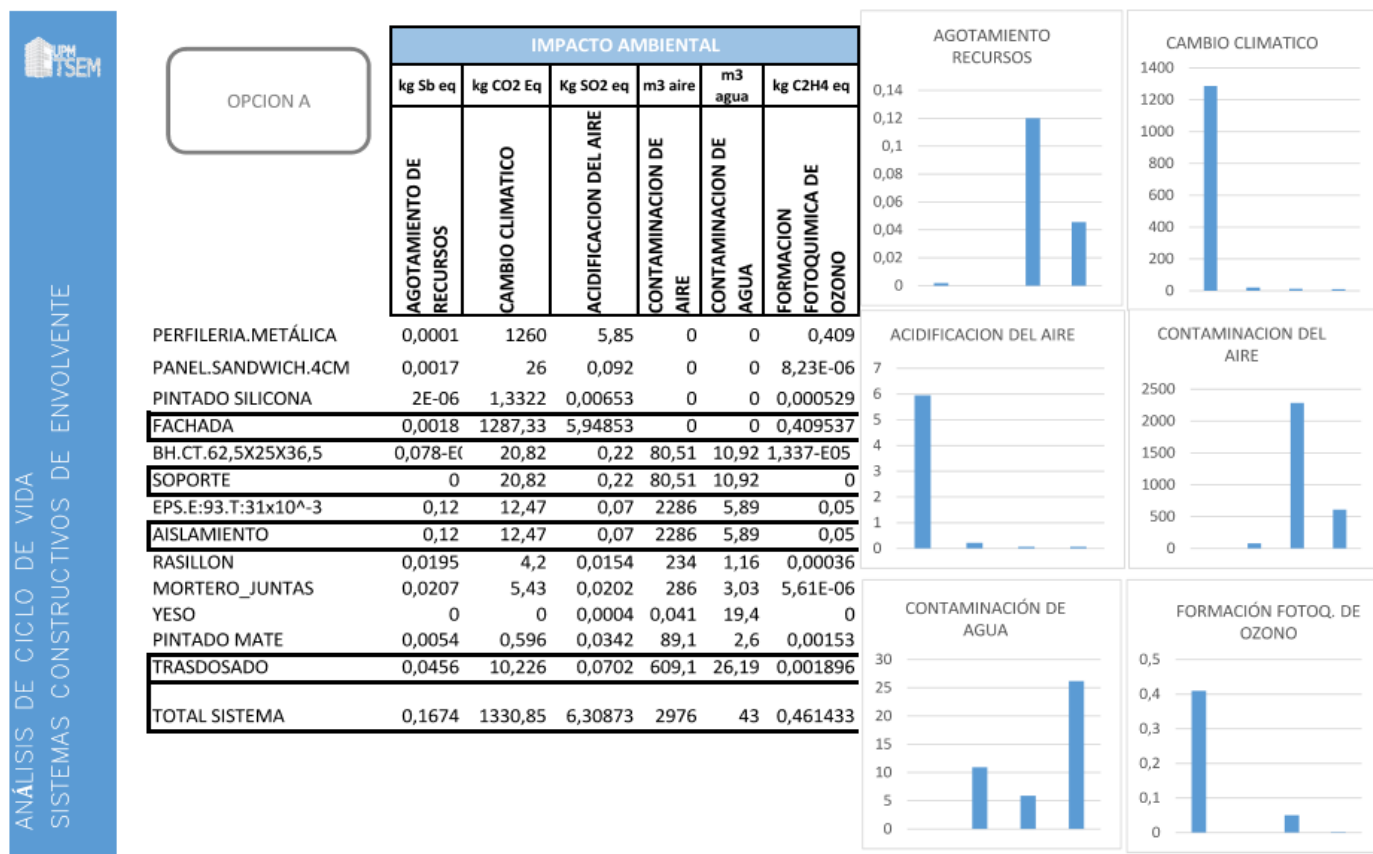


Figura 5: Resultados de la evaluación medioambiental desglosados

Por último, la herramienta genera un comparativo de impacto que, para unificar las unidades y dimensiones tan dispares de los datos, se ha expresado en porcentaje. (Fig. 6). Como se

puede observar en la figura, se obtienen los datos numéricos de la evaluación y se genera un gráfico comparativo que coincide con el mostrado en la figura 2 de este artículo.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA  
 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE ENVOLVENTE  
 FAC HAUA

			OPCIÓN A	OPCIÓN B
CARACTERÍSTICAS	W/m <sup>2</sup> K	TRANSMITANCIA	10,652	6,992667
	Kg	PESO	368,10782	26,40282
	cm	ESPESOR TOTAL	63,30001	93,00001
	kj/K	CAPACIDAD CALORÍFICA (EXT AISLAM)	0	0
CAPACIDAD CALORÍFICA (INT AISLAM)		490,03729	490,0373	
DESEM	€/año	MANTENIMIENTO	0	0
	Años	DURABILIDAD	15,625	15,625
	kg/km	RADIO	0	0
	kg Sb eq	AGOTAMIENTO DE RECURSOS	0,1673993	0,047437
CAMBIO CLIMÁTICO		1330,8482	1315,127	
IMPACTO AMBIENTAL	kg CO2 eq	ACIDIFICACION DEL AIRE	6,30873	6,073164
	m3 aire	CONTAMINACION DE AIRE	2975,6012	885,3552
	m3 agua	CONTAMINACION DE AGUA	43	27,152
	kg C2H4 eq	FORMACION FOTOQ. DE OZONO	0,4614328	0,423432
	MJ	TOTAL ENERGIA PRIMARIA	1655,616	1363,235
	MJ	ENERGIA RENOVABLE	1171,264	1306,713
	MJ	ENERGIA NO RENOVABLE	34396,35	34737,03
	MJ	PROCESO DE ENERGIA PRIMARIA	1458,521	1324,58
	L	CONSUMO DE AGUA TOTAL	1884,448	1909,304
	RESIDUOS	kg	RECUPERACION DE RESIDUOS	0,8224
kg		RESIDUOS PELIGROSOS	1,159664	0,322564
kg		RESIDUOS NO PELIGROSOS	46,49605	36,87281
kg		RESIDUOS INERTES	66,076	67,001
kg		RESIDUOS RADIOACTIVOS	0,1226115	0,127312
µg/m <sup>3</sup>	COMPUESTOS ORGÁNICOS VOL	214	214	

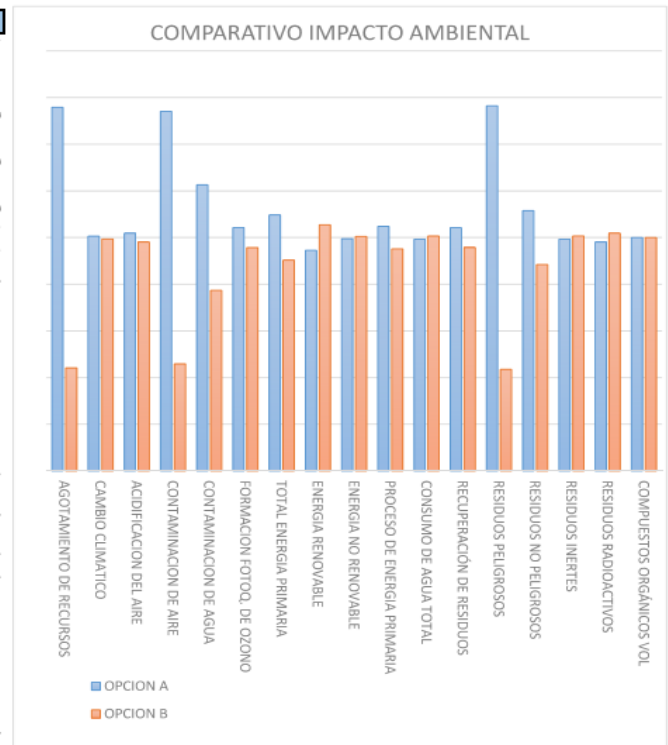


Figura 6: Comparativo final de los resultados de la evaluación medioambiental

#### 4.1. LÍMITES DEL SISTEMA

Si bien las herramientas de ACV simplificadas representan un compromiso en la precisión de la evaluación, es necesario que sean realistas y transparentes respecto a sus límites. De esta manera impulsan la adopción de conceptos, conocimientos e información sobre los impactos del ciclo de vida en entornos de toma de decisiones y procesos de cambio. [24]

A continuación se enumeran los límites con los que se ha enfrentado el análisis con el fin de poder subsanar parte de ellos y tener en cuenta en la interpretación de resultados el resto.

#### 4.2. COMPARACIÓN DE DATOS

Como se ha señalado en los objetivos, el ACV se realiza en función de determinadas categorías de impacto, pero no son las únicas. Además, necesita dotar de preferencia mediante coeficientes a las categorías cuyo impacto nos resulte más grave para poder concluir qué sistema tiene menos impacto. Con estos coeficientes se deberá generar una fórmula que al resolverse de un número que nos permita comparar de forma cuantitativa todos los impactos juntos.

#### 4.3. BASE DE DATOS

Se considera la base de datos tanto incompleta como ampliable. Se han obtenido los datos de la base de INIES [25] la cual pese a ser la más completa que se ha encontrado para el propósito que nos ocupa, no dispone de las

declaraciones que consideramos suficientes para ofrecer una base de datos importante.

#### 4.4. TRANSPORTE

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una DAP es el transporte, estando presente tanto en su proceso de construcción, como en el de deconstrucción.

En construcción el transporte influye debido a las distancias que hay que recorrer desde el punto de fabricación del material, hasta los puntos de distribución o instalación, no contemplados en la etapa considerada en el estudio. Este proceso produce una parte muy significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> del ciclo de vida. Por ello se ha de valorar la cercanía de la obra a los puntos de fabricación del material, favoreciendo los proveedores locales.

Por no tener información sobre la ubicación de la intervención no se han podido calcular estos impactos.

#### 4.5. PUESTA EN OBRA.

Para completar los datos sobre el impacto de la puesta en obra, deberían recogerse de cada proceso datos como peso, residuos en volumen y peso, embalaje en volumen y peso. Conociendo su presencia y los impactos de cada producto se han de cumplimentar los datos de esta fase.

Debido a que la puesta en obra es un proceso externo los datos introducidos estarán supeditados a los datos que facilite la empresa constructora y no siempre serán 100% acreditables. La reducción del impacto ambiental en la puesta en obra se va a deber a dos aspectos:

- ♦ Control de los recursos: reducción de los contaminantes y minimización y correcta gestión de los residuos en el proceso de puesta en obra. Máximo aprovechamiento de los recursos en la puesta en obra, planificar la reutilización de los recortes.
- ♦ Empleo de maquinaria y productos menos contaminantes: maquinaria de mayor rendimiento, trabajo en zonas muy bien ventiladas, transporte de la zona de los acopios hasta el lugar específico para su aplicación o previsión embalajes que se convierten en residuos.

#### 4.5.1. TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN OBRA

Controlar el acopio de los materiales es crucial para evitar su deterioro y contaminación, pasando así a ser residuos antes de finalizar su ciclo de vida.

Lo ideal sería reutilizar materiales y, en caso de no ser posible reciclar residuos, realizando una clasificación correcta para favorecer esta acción. La siguiente opción sería recuperar energía de los residuos, en centrales de incineración, buscando siempre enviar la cantidad mínima de residuos al vertedero.

#### 4.6. MANTENIMIENTO

El mantenimiento incide en el ACV de forma determinante, ya que el hecho de tener que reponer un elemento puede hacer que se produzca deterioros en otros que aún no agotado su vida. Por tanto es necesario tener una estrategia de mantenimiento desde la fase de proyecto.

Por ello, se ha cuantificado en años el ciclo de vida de los materiales para, en caso de ser inferior al del conjunto, multiplicar los impactos por el número de reposiciones necesarias.

Dicha actuación sobre un material supone, por tanto, un incremento cuantitativo en el cálculo de ACV, únicamente del material deteriorado o bien de todo el sistema constructivo en conjunto, dependiendo de la disposición espacial del elemento a tratar.

A modo de ejemplo, el coste que generaría sustituir un acabado interior no sería lo mismo que sustituir un aislamiento térmico, siendo este último de mayor coste, dado que para acceder al mismo es necesario remover todas las capas previas que lo envuelven.

A razón de ello, cuando se trate de un elemento entrepuesto, la vida útil del conjunto será la que presente dicho elemento y se deberá tener en consideración esta variación dato al aplicar la fórmula objeto de este estudio.

Por otro lado, dada a la escasez de información sobre las actuaciones de reparación o conservación, la contaminación

producida por las mismas no se recoge en este trabajo, dejando en cambio un espacio dentro de la propia fórmula para ser rellenado en futuras investigaciones.

#### 4.7. DECONSTRUCCIÓN

En España, a pesar de la impactante producción de RCD (residuos generados en obras de construcción y demolición), la cual se estima en unos 40 millones de toneladas anuales, difícilmente se ha dejado paso a la consideración de la misma, en lo que se refiere a su reutilización como materiales de construcción.

En general, un porcentaje elevado de los residuos generados en obras de demolición son almacenados en vertederos, como los residuos inertes (cerámica y hormigón) (Fig. 7), quedando inevitablemente en desuso por la mala gestión de los mismos, originándose por ello consecuencias negativas para el medio ambiente.

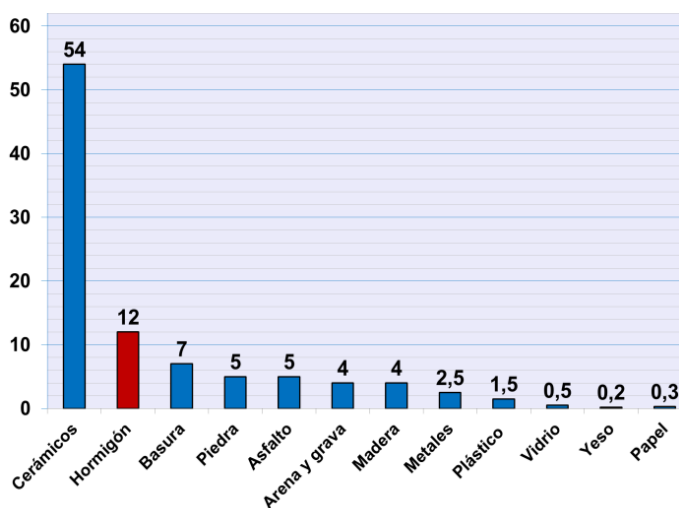


Figura 7: Tipos de residuo producidos en obras de construcción en %

## 5. CONCLUSIONES

Parece evidente la necesidad de desarrollo de este tipo de herramientas comparativas de impacto ambiental para asistir en la toma de decisiones. El hecho de que el ámbito de estudio del ACV sea tan amplio implica también que su aplicación sea compleja de interpretar requiriendo ser un especialista para su análisis. Por ello, se presenta esta herramienta que posibilita la selección de productos de una lista desplegable y genera unos gráficos que muestran los impactos generados y permiten un rápido análisis comparativo.

La unión de estos productos es un sistema constructivo. Del estudio del estado del arte de las herramientas se concluye que la mayor parte de ellas estudia desde un nivel básico de materiales o desde un nivel holístico de edificio. El primero de ellos hace difícil establecer el impacto real que tendrán una vez ejecutados, y el análisis holístico no permite localizar los focos de impacto para actuar sobre ellos.

El análisis de edificios mediante ACV es una de las aplicaciones más complejas del método [26] Es muy importante que las herramientas de ACV simplificadas sean realistas y transparentes con sus límites. En el proceso de diseño de la herramienta, debido a los recursos y plazos, hubo que desestimar opciones que se barajaron y que después se convirtieron en límites del sistema.

Una vez desarrollada esta herramienta se concluyó que sería de interés emplear la misma metodología para aplicarlo a intervenciones de rehabilitación, de tal forma que los residuos asumiesen más protagonismo.

## 6. AGRADECIMIENTOS

En la herramienta tuvieron un papel importante los compañeros del grupo de trabajo del Máster en Innovación Tecnológica en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (2015/16), que se encargaron de nutrir la base de datos con la que opera.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Arias Cañete, M. 2016. Porcentaje equivalente a una reducción de las emisiones del 60% con respecto a 2010. *Comisión de Energía y Clima*.
- [2] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- [3] Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- [4] Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- [5] COM (2005) 670 Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales. Comunicación de la Comisión de 21 de diciembre de 2005.
- [6] Huedo, P.; López-Mesa, B. (2013) Revisión de herramientas de asistencia en la selección de soluciones constructivas sostenibles de edificación. *Inform. Construcc.* 65 [529], 77–88. <http://dx.doi.org/10.3989/ic.11.048>.
- [7] Abelleira Sánchez, 2011. Aplicación del software bees v.4.0 como herramienta de ACV en la construcción. *TFM de la Universitat Politècnica de Catalunya*. p25.
- [8] Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) - Society of Environmental Toxicology and Chemistry.
- [9] IHOBÉ, 2015. La Declaración Ambiental de Producto. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Gobierno Vasco.
- [10] Ros, T., 2012. Desarrollo de una herramienta ágil y eficiente para el análisis y la comunicación ambiental. Congreso Nacional e Medio Ambiente 2012 In Madrid.
- [11] Iglesias, D.H. 2005. Relevamiento exploratorio del Análisis del Ciclo de Vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario. *Contribuciones a la Economía, 2005*
- [12] Cebrían-Tarrasón, D., Garraín, D., París, A., Vidal, R. (2009, 8-10 de julio). ACV libre: La Utilización del ELCD en la Fase de Diseño. *Actas del XIII Congreso de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO)*. Badajoz.
- [13] AMEC (2013) The opportunities to business of improving resource efficiency. *European Commission Report*.
- [14] Cambridge Econometrics, (2014). Modelling the economic and environmental impacts of change in raw material consumption.

- [15] Eurobarómetro Flash 388 (2014) Attitudes of Europeans towards waste management and resource efficiency.
- [16] Herrmann, I.T. & Moltesen, A., 2015. Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? - A comparative assessment of SimaPro and GaBi. *Journal of Cleaner Production*, 86, pp.163–169. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.004>.
- [17] Kovacic, I., Waltenbereger, L. & Gourlis, G., 2016. Tool for life cycle analysis of facade-systems for industrial buildings. *Journal of Cleaner Production*, 130, pp.260–272. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.063>.
- [18] Cabeza LF, Rincón L, Vilarinho V, Pérez G, Castell A. (2014) Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2014; 29:394–416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>.10.063.
- [19] UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006).
- [20] Muro Pereg, J.R., 2013. Análisis de Ciclo de Vida de 1kWh Generado por un Parque Eólico Onshore GAMESA G90-2.0MW. *Proyecto ECOWIND*.
- [21] Antón Vallejo, Ma Asunción (2004). Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria. *Tesis*. ISBN8468867322
- [22] Guinée, J. Int J LCA (2001) Handbook on life cycle assessment - Operational guide to the ISO standards. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6, 255-255. DOI: 10.1007/bf02978784
- [23] T. Rist, 2011, A path to BIM-based LCA for whole-buildings [M.S. thesis], Norwegian University of Science and Technology.
- [24] Verghese KL, Horne R, Carre A. PIQET: the design and development of an online 'streamlined' LCA tool for sustainable packaging design decision support. *International Journal of Life Cycle Assessment* 2010; 15(6): 608–620. DOI: 10.1007/s11367-010-0193-2
- [25] Página Web del INIES. <http://www.inies.fr/accueil/>. Consultada por última vez en Abril de 2017.
- [26] Anand, C.K. & Amor, B., 2017. Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, pp.408–416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.058>.
- [27] Moran del Pozo J, Juan Valdés A, Aguado P, Guerra M, Medina C. 2011. Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informes de la Construcción; Vol. 63:p. 89–95*.

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



# Design and development of a new modular bathroom system

## Diseño y desarrollo de un novedoso sistema de baños modulares

SANDRA LLORENTE MONLEÓN

Directora ejecutiva de Conspace S.L.U, C/Carlos y Guillermo Fernández Shaw,1. 28007, Madrid (España) e-mail: Sandra.llorente@viacelere.es

- ◊ The subjects identified as keys to energy efficiency, sustainability and competitiveness, match with the achievements of the industrialized modular systems.
- ◊ The savings derived from the modular system include the general and indirect costs of promoters and builders, the surplus interest of promoter loans or guarantees to clients, the after-sales service and the opportunity cost.
- ◊ The use of modular systems is not only economically justified, also in situations of multiple repetitions, tight deadlines, absence of skilled labor, high quality and delicate materials and is needed to reduce security risks and environmental impact.

The techniques of production and in particular of construction tend to be technified, improving its precision, optimizing costs and times of production. This is the strategy to follow for those companies who need to increase its competitiveness. This is the way how modular or prefabrication systems have been introduced in the new construction processes. The modular construction no longer only applies to the structure of a building, but has also specialized in other parts, such as wet rooms; bathrooms and kitchens. Being those stays of the house more reproducible. Modular bathrooms are more common in buildings where houses have the same dimensions and /or distributions, and where therefore their construction is repetitive. The basis of this work is the development of a series production system of modular bathrooms that can be customized, maintaining the specifications and the lines indicated in the project. Also the development of a lifting and assembly tool that allows to minimize the transfer of the modules and facilitate the speed of its installation in its definitive location. The result is an industrialized bath module of high quality, with traceability of the materials and components used, tested and guaranteed, in a assembly line of fast manufacture. The bathroom is delivered completely finished and installed, minimizing the construction deadlines and improving its quality and safety.

*Prefabricación, industrialización, sistema constructivo modular, tecnificación, estandarización*

- ◊ Las claves para la eficiencia energética, sostenibilidad y competitividad, coinciden con los logros de los sistemas modulares industrializados.
- ◊ Los ahorros derivados del uso modular abarcan los gastos generales e indirectos de promotores y constructores, los intereses sobrevenidos de los préstamos promotores o avales a clientes, el servicio de postventa y el coste de oportunidad.
- ◊ El uso de sistemas modulares no solo se justifica económicamente, también en casos de múltiples repeticiones, plazos ajustados, ausencia de mano de obra cualificada, altas calidades, materiales delicados y cuando se quieren reducir los riesgos de seguridad y de impacto ambiental de la obra.

Las técnicas de producción y en particular de construcción tienden a tecnificarse, mejorando su precisión, optimizando costes y tiempos de producción. La construcción modular ya no solo se aplica a la estructura de una edificación, sino que también se ha especializado en otras estancias de la casa menos personales y con una composición de elementos más reproducible y por tanto industrializable. Los baños modulares cada vez son más comunes en aquellas edificaciones donde las viviendas tienen las mismas dimensiones y/o distribuciones, y donde por tanto su construcción es repetitiva. La base de este trabajo es el desarrollo de un sistema de fabricación en serie de baños modulares que puedan ser personalizables, manteniendo las especificaciones y prestaciones indicadas en el proyecto. La necesidad de poder introducir sistemas de baja temperatura, como suelos radiantes, para completar las estrategias energéticas del conjunto edificatorio, así como el desarrollo para la introducción en los módulos de una red de saneamiento que incluya cierres hidráulicos de conjunto (bote sifónico) se ve desarrollada de manera que el producto final pueda proporcionar los estándares solicitados por el cliente. Igualmente el desarrollo de un útil de elevación y montaje que permita minimizar el trasiego de los módulos y facilitar la rapidez de su instalación en su ubicación definitiva. El resultado es un módulo de baño industrializado de alta calidad, con trazabilidad de los materiales y componentes utilizados, probado y garantizado, en una cadena de montaje de rápida fabricación y que incluye todas las prescripciones técnicas del proyectista. El baño se entrega totalmente terminado e instalado, minimizando los plazos de obra y mejorando su calidad y seguridad.

*Prefabrication, industrialization, construction modular system, technification, standardization.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en España es uno de los mayores de Europa, por lo que tiene un gran peso en la economía nacional. El importe neto de negocio en España en el sector de la construcción de edificios es muy superior al de la

ingeniería civil. Siendo en 2012 el importe promedio de la edificación de 4.914.624 € frente a 9.649.970 € en 2007 (Fig. 1).

Si bien es cierto que existen unos grandes desajustes en el sector, que se pueden dividir en:

- ◆ Ambientales: grandes emisiones de CO<sub>2</sub> con alto impacto ambiental, alto consumo de energía y recursos.
- ◆ Sociales: sector basado en la subcontratación. Precariedad laboral, baja formación de los trabajadores productivos, sector fragmentado.
- ◆ Económicos: alta fluctuación según ciclos económicos y políticos. Inestabilidad de precios de mercado, dificultad de defensa de presupuestos de ejecución material.
- ◆ Productivos: procesos arcaicos y poco especializados, escasa inversión en I+D+i, problemas en la planificación y gestión de las obras.

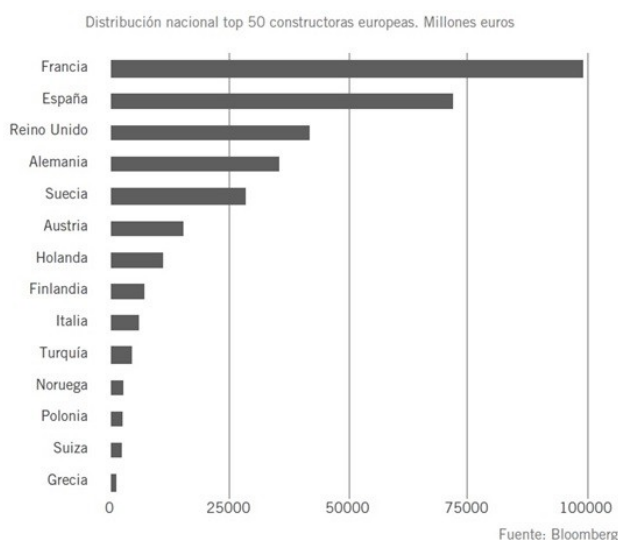


Figura 1: Distribución nacional top 50 constructoras europeas. Millones de euros.

La Unión Europea ha acordado que los edificios que se construyan a partir de 2020 tengan un consumo energético casi nulo y que los que se hayan levantado con anterioridad a esa fecha sean capaces de reducir su consumo energético. Esto implicaría un esfuerzo por parte de las promotoras por mejorar las calidades de la construcción y velar por que la vivienda sea realmente eficiente.

El sector inmobiliario necesita resarcirse de la construcción de baja calidad que se llevó a cabo en los años de burbuja inmobiliaria, años en que no se tomaron medidas para mejorar los procesos constructivos porque "todo se vendía". Tras este frenesí por 'el ladrillo', algunas compañías han decidido invertir en desarrollo tecnológico, con el fin de hacer espacios de la casa más eficientes, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

Los principales puntos identificados como claves para la eficiencia energética, sostenibilidad y competitividad en sistemas modulares industrializados son:

- ◆ Gestión del residuo: generar menos residuo y reducir el consumo de agua y electricidad.
- ◆ Reducción de los transportes: los materiales empleados estarán fabricados en España, con lo que se reduce la huella ecológica. Si bien, al final es el cliente (promotor) el que elige los materiales que quiere emplear en el módulo

y pueden proceder de otros países.

- ◆ Reutilización de materiales: materiales sobrantes y escombros son reutilizados.
- ◆ Eficiencia energética: los módulos contarán con elementos que ayuden a conseguir la calificación deseada, como suelo radiante o iluminación por led. Igualmente se pueden trasladar los criterios de sellos sostenibles (LEED, BREAM).
- ◆ Disminución del ciclo de producto: reduciendo el impacto de las fluctuaciones económicas, políticas y de gastos sociales.

Por lo tanto, se trata de un proceso de construcción más eficiente, controlado y corto ya que consiste en la fabricación de módulos en una fábrica. Las principales diferencias entre un baño o cocina industrializadas frente a los espacios convencionales son una reducción del plazo de construcción, la consiguiente reducción en el coste final y la inexistencia de problemas de postventa.

Desde la industrialización se pretende contribuir en la evolución eficiente y sostenible de la construcción en España trabajando en llegar a tasas del 15% en los próximos años frente al 5% actual. Como desarrolladores de sistemas modulares para la construcción debemos dirigirnos a un sector altamente profesionalizado: arquitectos, promotores, constructores, administraciones públicas, en doble vertiente: obra nueva y rehabilitación. La vocación es la de ofrecer un servicio integral de acuerdo con las necesidades del cliente: asesoramiento técnico, ejecución de los sistemas modulares específicos y colocación de los módulos en su lugar definitivo. Esto permitirá que el cliente mejore notablemente los tiempos de ejecución y la calidad y reduzca los residuos y los trastornos que estas unidades tradicionales suelen ocasionar.

Para el desarrollo y fabricación de estos productos se deben aplicar las técnicas más avanzadas en cuanto a la gestión de los procesos de fábrica: Lean Manufacturing. El pensamiento Lean se está empezando a aplicar en el sector de la construcción "Lean Construction", mediante LPS (Last Planner System) e IPD (Integrated Project Delivery). Esta filosofía está totalmente alineada con la industrialización, ya que persigue el orden y la limpieza así como evitar el despilfarro. Para garantizar que una empresa esté limpia, ordenada y sea segura Toyota inventó el sistema de las "5s", que tal y como se verá más adelante es extrapolable a la construcción. El nombre del sistema viene dado por las iniciales de las siguientes palabras en japonés:

- 1) SIERI (Clasificar): Eliminar todos aquellos artículos que sean innecesarios en el puesto de trabajo.
- 2) SEITON (Ordenar): Ordenar todos los artículos necesarios, marcarlos claramente y asegurarse que todo el mundo puede acceder a ellos fácilmente. ("Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio"). Para los artículos clave identificar su localización con recuadros "Kanban".
- 3) SEISSE (Fregar): Fregar todas las máquinas y el entorno de trabajo para mantener una limpieza imaculada.
- 4) SEIKETSE (Sistematizar): Hacer de la limpieza y el orden

una práctica de rutina que forme parte del día a día.

5) SHITSUKE (Mantener): Cumplir con los pasos antes mencionado y proporcionar un sistema de mejor continua en el proceso.

Para el sector de la construcción las 5's significan:

1) Separar lo necesario de lo innecesario: Muchos de los componentes que estorban las actividades y movimientos han de ser separados y en muchos casos eliminados.

2) Los elementos o materiales necesarios deberán ordenarse metódicamente, para evitar accidentes, controlar la cantidad de material existente y poder ubicarlos de forma sencilla, por si se necesitará por ejemplo desplazarlos.

3) Limpiar el espacio físico donde se está construyendo, las herramientas y la maquinaria: Gracias a esto mejoraremos la seguridad, la duración y el mantenimiento de la maquinaria y de las herramientas.

4) Higiene y disciplina de los obreros: contribuyendo de esta forma a su propia seguridad y a evitar enfermedades. Usar los EPIS necesarios, tales como cascos, protectores visuales, botas de obra, etc.

5) Conseguir que los pasos anteriores sean una cosa sistematizada para todos [12].

Otra forma de industrialización del proceso constructivo que se está introduciendo en el sector y que también está imbricada con los productos modulares en la disciplina BIM (Building Information Modeling), tecnificando el proyecto y no dejando nada sujeto a la improvisación.

La tecnología BIM, unida al CAD/CAM para los equipos robotizados de producción, así como mantenerse en mejora continua mediante ingeniería de procesos e implantación de nuevos sistemas y métodos, formalizan una nueva metodología holística de los sistemas constructivos y productivos modificando el paradigma del sector tradicional.

Los baños industrializados cuentan con todos los acabados e instalaciones de un baño tradicional, totalmente probado y certificado. La variedad de acabados, marcas y modelos no tiene limitaciones y serán las que el cliente establezca. Se transportan y se instalan como un bloque compacto y cerrado.

El grado de prefabricación de un edificio se puede valorar según la cantidad de elementos rechazables generados en la obra; cuanta mayor cantidad de residuos, menos índice de prefabricación presenta la construcción [1].

## 2. GENERAL REGULATIONS

### 2.1. LA PREFABRICACIÓN

Desde los tiempos primitivos, viene la sociedad sufriendo modificaciones sucesivas y periódicas, en una permanente adaptación de las reglas de su juego a las nuevas circunstancias y condiciones de vida. Esa serie de reajustes, tuvieron sin embargo la marca de un trazo común: el esfuerzo muscular y trabajo manual [6].

Se conoce como prefabricación al diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en una fábrica para su posterior montaje en obra, conformando el todo o una parte de un edificio o construcción.

Tal es así que, cuando un edificio es prefabricado, las operaciones en el terreno son esencialmente de montaje, y no de elaboración. Una buena referencia para conocer el grado de prefabricación de un edificio es la de valorar la cantidad de residuos generados en la obra; cuanta mayor cantidad de escombros y suciedad, menos índice de prefabricación presenta el inmueble [10].

Sin embargo, a pesar de que este tipo de sistemas a lo largo de la historia se han utilizado en tiempos de crisis, y por lo tanto tienen connotaciones negativas, al plantearse en edificios temporales, provisionales y de bajo coste y calidad, lo cierto es que el uso de estos sistemas lleva implícito un aumento de la calidad de ejecución, debido, entre otros factores, al estudio previo del proyecto, llegando a su ejecución sin necesidad de improvisación.

“La prefabricación cerrada fue casi siempre el modus operandi del que se hizo uso cuando concurrían condicionantes excepcionales: plazos de ejecución muy estrechos; uso de tecnologías no siempre asimiladas; proyectos de arquitectura que de la noche a la mañana pasaban de estar gestados “en tradicional” a ejecutarse “en prefabricado” [13].

En este sentido, se han constatado ejemplos históricos muy interesantes. Tras la revolución industrial las construcciones industrializadas singulares pusieron de manifiesto la versatilidad, durabilidad, seguridad y rapidez de ejecución de los sistemas prefabricados, como el Palacio de Cristal, ejecutado por Joseph Paxton en Londres en 1851 con motivo de la exposición universal celebrada ese mismo año, ubicado en Hyde Park, y que posteriormente fue trasladado a la zona sur de Londres (Upper Norwood) en 1954 y que sirvió para multitud de eventos culturales hasta que un devastador incendio terminó con él en 1936.

Este edificio de magnitudes colosales (600 metros de largo, 120 metros de ancho y 34 metros de altura) se construyó en tan solo 9 meses.

Otro claro ejemplo de este tipo de construcción prefabricada singular es la Torre Eiffel, construida en 1889 en París en tan solo un año, con 18.000 piezas y más de 2,5 millones de remaches, que hoy en día es el monumento más visitado de Francia y símbolo de la ciudad de París.

Respecto a la edificación prefabricada residencial fue en América donde se dieron los primeros pasos en edificación residencial unifamiliar. Agustine Taylor creó en 1833 el sistema Balloon frame, con listones de baja escuadría continuos entre planta, que necesitaba una mano de obra muy poco especializada por su ensamblaje mediante clavos de hierro.

Debido a la abundancia de la madera, este sistema se mejoró en 1930 dando lugar al sistema platform framing, que difería del Balloon Framing en que el forjado es pasante, interrumpiéndose los listones de madera en la fachada. Con

nuevos materiales (acero galvanizado conformado en frío), pero el mismo principio, ha llegado hasta nuestros días este sistema denominado en la actualidad como Steel framing.

No obstante, cabe destacar otros ejemplos como la trasposición del ballon frame a vertido de hormigón mediante la patente de Thomas Alva Edison de 1904 mediante su encofrado prefabricado "Single Pour Concrete System", constuyendo de este modo más de 100 edificios solo en Nueva Jersey de los cuales algunos a día de hoy se conservan.

## 2.2. LA CONSTRUCCIÓN MODULAR

La construcción modular tiene su inicio tras la segunda revolución industrial, con la aparición de nuevos materiales, tales como el zinc (1830), aluminio (1845), níquel (1860), manganeso y cromo (1900), cobre, diferentes productos químicos, cemento Portland (1840) y diferentes energías como el gas, la electricidad o el petróleo.

Principalmente en Europa y Estados Unidos, con el sistema Tilt-Up; que es una técnica de construcción de paneles prefabricados de hormigón, este sistema fue una solución para la reconstrucción rápida en Europa tras la destrucción generalizada de viviendas como consecuencia de la segunda guerra mundial.

Un claro exponente de estos sistemas es la casa Lustron, en 1949, cuyos 3.300 componentes se ensamblaban para construir una vivienda en tan solo dos semanas.

La presión social es cada vez mayor y a mitad del siglo XX se comienza a conceder atención a la persona. La persona exige que la máquina sea quien le sirva a ella, y no ella a la máquina, exige un proceso correcto y racionalmente organizado y condiciones laborales adecuadas. En ese momento, por tanto, las construcciones industriales tratan de conseguir fábricas adecuadas para una producción eficaz, con un buen ambiente de trabajo, con servicios sociales y, a veces, culturales y deportivos [7].

Hacia 1975 podríamos hablar del fin de la prefabricación cerrada, de modo que se introducen componentes fabricados por varias compañías para una misma construcción.

Esta nueva generación tecnológica está basada en unos procedimientos más flexibles, abierto a la compatibilidad de productos y componentes prefabricados de diferentes naturalezas, para obras industrializadas o tradicionales, con un desarrollo de juntas universales y gamas modulares que conforman unas reglas más precisas para los proyectistas, constructores y fabricantes.

Las tecnologías de producción de componentes resistían bien la crisis y se adaptaban mejor que los sistemas cerrados a las nuevas tendencias [15].

En algunos países nórdicos como Suecia se llega a utilizar en un 90 % de sus construcciones el sistema modular, pero en países como España tiene una escasa acogida (apenas un 5%).

Finalmente cabe destacar una nueva tendencia constructiva denominada construcción mixta que se basa en el aprovechamiento del trabajo conjunto del acero y hormigón.

Hoy en día se ha superado netamente los periodos de supervalorar la técnica en detrimento de la sensibilidad. Casi todas las tendencias extremistas en el arte de la construcción se han refundido en una síntesis cabal y bien proporcionada [3].

Si bien es cierto que el diseñador también puede descubrir que las mejoras en una parte del sistema pueden requerir cambios en otra parte y posibles problemas en otras partes [4].

## 2.3. TIPOS DE CONSTRUCCIONES MODULARES

Los sistemas de construcción modular utilizan diferentes tipos de materiales, como lo son el hormigón, acero, y mixtos (acero con hormigón), aunque también es posible encontrar construcción modular de madera o tabiques y contenedores marítimos.

Antes de la fabricación de los módulos y previo a la construcción de la edificación, se debe analizar toda la ingeniería de diseño, para así tener claro el nivel de detalle de éstos y también la inversión a realizar.

La innovación en algunos aspectos técnicos de un producto, como la prefabricación, a menudo requiere cambios en la forma en que se proyecta el proyecto y en el propio proceso de producción [5].

El ámbito central de la industrialización abierta incluye las siguientes áreas:

- ◆ Lado de la demanda, tratando con las necesidades del usuario en los diseños
- ◆ Oferta, que se ocupa de las necesidades de producción y de la vinculación de la demanda
- ◆ Proceso de construcción, incluyendo organización y comunicación en proyectos de construcción [14].

### 2.3.1. CONSTRUCCIÓN MODULAR EN HORMIGÓN

A lo largo de la historia de la construcción modular, gran porcentaje del material que se ocupa para la realización de ésta es hormigón y de hecho es el primero que se conoce con este método constructivo, la fabricación de los paneles se realiza en una planta externa a la obra, así se disminuye el riesgo de accidentes, el número de trabajadores, plazos, etc.

El proceso constructivo de este método consiste en primer lugar saber que dimensión tendrán los paneles para luego armar la estructura en sí con los encofrados, que son llenados con un hormigón de alta resistencia, para soportar las cargas de elevación, transporte etc.

Después del hormigonado se procede a un secado rápido con vapor, se desmolda, y mediante cintas transportadoras es enviado a otra sala para el ensamblaje de las piezas.

Una vez construidos los módulos, mediante cintas transportadoras van recorriendo de estación en estación para que los diferentes especialistas procedan con la instalación de los accesorios (terminaciones), hasta este punto llega la labor del fabricante, ya que, finalmente serán instalados en un lugar definitivo, tarea que corresponde al constructor.

Es muy importante estudiar las posibilidades de transporte de los tipos seleccionados de elementos prefabricados de la fábrica al sitio [2].

Para la instalación definitiva, se debe realizar la cimentación acorde con la construcción y luego de esto se deja una base horizontal para ubicar el módulo, la cual puede ser una losa de hormigón en masa. Los módulos son transportados para luego ser montados con una grúa y así consecutivamente hasta montar los módulos correspondientes.

En cuanto a las ventajas en general de este sistema constructivo se puede decir que, el plazo de la ejecución se reducirá considerablemente en comparación a la construcción in situ, otra ventaja a mencionar son sus propiedades de aislamiento termo-acústico.

Para su cálculo y prescripción, se deben tener en cuenta las acciones en la edificación, tales como acciones permanentes, variables y accidentales [8].

Si los paneles de fachada no son portantes, se utilizará hormigón no estructural. La resistencia característica mínima de los hormigones no estructurales será de 15 N/mm<sup>2</sup>. Debido a la baja resistencia que requieren estos hormigones y, consecuentemente bajos contenidos de cemento, entre sus requisitos no parece necesario que deba consignarse en su designación ningún tipo de referencia al ambiente, según el apartado 39.2, resultando por tanto para los Hormigones No Estructurales (HNE) la siguiente Tipificación: HNE-15/C/TM. Se recomienda que el tamaño máximo del árido sea inferior a 40 mm, al objeto de facilitar la puesta en obra de estos hormigones [9].

Si los paneles de fachada resultan portantes para la estructura y estabilidad del conjunto, Los edificios construidos con este sistema se conciben como estructuras formadas por grandes elementos verticales que se constituyen al agruparse los paneles prefabricados, trabajando como ménsulas flechadas en su plano [15].

La principal desventaja es el transporte de los módulos, el precio de dicho transporte depende de la distancia en que se encuentre la planta de la obra, mencionando que, a medida que aumentan los kilómetros, aumenta el precio de transporte.

Por último conocer que, para apoyar un módulo sobre otro, se utilizan unas placas amortiguadoras de acero inoxidable.

### 2.3.2. CONSTRUCCIÓN MODULAR EN TABIQUES

Su estructura está formada por perfiles de acero galvanizado unidos por tornillos, después se instala el aislamiento termo-acústico que puede ser de lana mineral, de vidrio o poliestireno expandido, para su revestimiento interior se utilizan planchas de cartón yeso RH (resistente a la humedad),

o planchas de fibrocemento (en caso de terminación con cerámica), y para el revestimiento exterior se utilizan planchas de cartón yeso. Los revestimientos y tipos de aislamiento varían de acuerdo al proveedor.

En cuanto a las ventajas de este sistema cabe destacar que es más rápido y económico en comparación al sistema modular de hormigón y por esto, también es más utilizado.

En este tipo de proceso de fabricación de módulos no es necesario el transporte a otras áreas de fabricación, ya que, su confección se realiza en un solo lugar por su ligero y sencillo proceso constructivo.

Como se ha visto, el mercado de la construcción modular existe desde hace décadas y es una alternativa constructiva, principalmente la de casas modulares, a la edificación tradicional in-situ.

Sin embargo pese al avance de la tecnología aplicada al mundo de la construcción en los últimos años, los métodos utilizados en este sector siguen siendo los mismos; esta situación nos lleva a plantear la necesidad de cambiar la forma de construir para adaptarla a estos nuevos productos surgidos y así aprovechar todas sus ventajas: abaratar costes, acortar plazos y mejorar acabados.

Igual que en otros campos de la tecnología, los cambios son lentos, y la solución óptima no aparece destacada de forma notable frente al resto de alternativas futuribles.

Con ese objetivo surge la idea de plantear un sistema constructivo alternativo al tradicional y que suponga un salto importante respecto de los sistemas modulares existentes de tal manera que sea un sistema competitivo que pueda llegar ser una alternativa "convencional" para constructores, arquitectos o promotores.

En este aspecto se ha pasado del oficio aprendido durante años al entrenamiento corto para poner en obra sistemas industrializados sencillos y cómodos de ejecutar ("del mono azul al mono blanco"). La posible evolución a futuro puede incluir aspectos (entre otros) como una mayor formación en general, pero, sobre todo, en aspectos de seguridad y salud en el trabajo, como medio de combatir el actual problema de exceso de accidentes laborales en este sector [7].

El proyecto tiene como objetivo el desarrollo tanto de un producto como de su sistema de fabricación y puesta en obra, dentro del sector de construcción modular de baños prefabricados.

Es un producto optimizado en costes y tiempos de fabricación que mejora la sostenibilidad del proceso, lo hace más flexible y permite una eficiencia energética de clase A. En este campo existe una doble vertiente: el respeto al medio ambiente en la explotación de la fábrica o planta industrial y el respeto al medio ambiente a la hora de diseñar y construir las infraestructuras de la fábrica [7].

El desarrollo de este novedoso sistema de baños modulares representa una mejora de la competitividad, ya que supone desarrollar un producto que por su optimización en los costes de fabricación y puesta en obra facilita la penetración de la

empresa en un mercado de gran crecimiento como es el mercado de la construcción modular.

Gracias a la implementación de estos nuevos sistemas constructivos, basados en módulos prefabricados de forma industrial, se lograran disminuir los actuales plazos de construcción, una variable vital en la coyuntura actual de bajos precios donde la competencia en precio y ventajas es tan estrecha, y hacerlo garantizando unos niveles de calidad y seguridad, sin por ello perjudicar el coste actual de estas viviendas, siempre muy ajustado.

Para llevar a cabo el proyecto serán necesarias una serie de actividades de investigación, diseño y desarrollo con elevado contenido tecnológico, algunas de las cuales, las más representativas, se enumeran a continuación:

Estudios teóricos de dimensiones, estructuras, conexiones, materiales, etc., con objeto de dotar a los nuevos módulos de un nivel elevado de prestaciones, calidad junto con economía de costes y tiempos de producción, desarrollo de modelos prácticos del sistema, bien completo a escala, o bien, en caso de que resulte inmanejable, de distintas partes del sistema, etc.

Así, el objetivo global del proyecto, consistente en desarrollar innovadores componentes constructivos, apoyándose para ello en procesos de cálculo, simulación, desarrollo de prototipos y ensayos de validación, enlaza directamente con lo expuesto en el texto refundido de la ley del impuesto de sociedades, artículo 35, en el que se definen las actividades de Desarrollo Experimental como la aplicación de los resultados de la investigación o de cualquier otro tipo de conocimiento científico para la fabricación de nuevos materiales o productos o para el diseño de nuevos procesos o sistemas de producción, así como para la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes.

Con todo lo expuesto se puede afirmar que la naturaleza del proyecto es de Investigación y Desarrollo, debido a que cada una de sus actividades está dentro del concepto de actividades de Investigación y Desarrollo marcado por el artículo 35 del Texto Refundido de la Ley del Impuesto de Sociedades.

Además, dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, este proyecto encaja perfectamente con varios de sus objetivos:

- ♦ Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, cuyo objetivo es incentivar la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, sin orientación temática previamente definida, que contribuyan a avanzar la frontera del conocimiento así como al desarrollo de tecnologías emergentes.
- ♦ Programa Estatal de Impulso al Liderazgo Empresarial en I+D+I, cuyo principal objetivo es lograr que las empresas españolas incrementen su competitividad a través de la generación e incorporación de conocimientos, tecnologías e innovaciones destinadas a la mejora de procesos y la creación de productos y servicios tecnológicamente avanzados y de mayor valor añadido.

El objetivo es desarrollar un sistema industrializado de fabricación de baños modulares tanto para grandes comunidades de vivienda nueva como para rehabilitación de edificios principalmente del sector terciario (hospitales, hoteles, residencias, etc.), para obtener la mejor relación tiempo de ejecución y eficiencia energética respecto del coste de fabricación.

Podemos exponer que este camino ya se ha recorrido en localizaciones como Hong Kong, donde el prefabricado se introdujo en el sector privado a partir de 1998. En el 2006 aumentaron notablemente los proyectos privados de prefabricación debido a promoción de uso de tecnologías de construcción verde [11].

Para lograrlo, las fases serán investigar, diseñar y desarrollar nuevas soluciones de baños modulares de tal manera que el resultado de los esfuerzos en el desarrollo de un sistema propio industrializado de fabricación de baños modulares suponga un salto importante tanto en el proceso como en el producto respecto de lo ya existente, para obtener un producto más competitivo y avanzar en la generalización del uso de estos sistemas en la construcción, siendo este un beneficio a compartir con el resto del sector y competencia.

En definitiva es necesario hacer del sistema de baños modulares Conspace un sistema más avanzado y competitivo, que pueda ser una alternativa a tener en cuenta desde un primer momento por promotores, proyectistas y administraciones, punto fundamental para ser un referente tanto el mercado nacional y ya existente como para abordar con éxito los nuevos mercados (vivienda social – países emergentes).

OBJETIVOS técnicos parciales:

- ♦ Hacer un análisis de la técnica pormenorizando tanto de los sistemas convencionales (sistema in-situ) así como los sistemas de fabricación y montaje de baños modulares de la competencia, así como de la normativa y de los últimos avances respecto de la técnica constructiva de módulos prefabricados. Hacer un estudio detallado de materiales de construcción para encontrar los más idóneos para conformar el nuevo baño modular.
- ♦ Fijar un sistema de indicadores de tal manera que la bondad del sistema de fabricación sea contrastable durante la evolución del proyecto, considerando como variables más importantes: tiempos de fabricación y montaje, eficiencia energética, peso, resistencia y coste final entre otros.
- ♦ Desarrollar un sistema de fabricación industrializado, flexible en cuanto a las exigencias del cliente (dimensiones y calidades), pero robusto en cuanto a la constancia en los valores de sus indicadores principales: tiempo fabricación/precio o tiempo fabricación/prestaciones.
- ♦ Mejora de la fase de fabricación: Análisis del proceso productivo y propuesta de mejoras. Evaluación de cada operación en tiempos de ejecución, coste de operación y prestaciones finales del producto, buscando la mejor relación entre factores.

- ♦ Mejora de la logística: confrontación de dimensiones, pesos y geometrías de los baños para optimizar las operaciones de traslado de fábrica a obra. De nuevo los esfuerzos técnicos en este sentido permiten reducir los costes de transporte por unidad de baño y apoyar el objetivo final que es tener un producto lo más competitivo posible.
- ♦ Mejora de las operaciones de colocación del baño en su ubicación definitiva, optimización de coste, tiempos y medios necesarios.
- ♦ Minimización de las actuaciones de post-venta, reducción de incidencias.
- ♦ Análisis de las características y prestaciones de los baños modulares. Propuesta de mejoras de cara a la mejora de la percepción del usuario final.

Se busca desarrollar un sistema de fabricación de baños modulares que permita una disminución en los tiempos de entrega de más de un 10%, al reducirse los tiempos de fabricación, pero asegurando que el inmueble donde va destinado el baño conserve la certificación energética clase A, con las estrategias necesarias prescritas en proyecto, caso de que se encuentre dentro de ella, todo lo anterior conjugado con un coste final similar al del sistema de instalación de un baño convencional.

La adopción de nuevas ideas y, por lo tanto, la innovación en la construcción dependerá de la adecuación de las soluciones físicas y organizativas particulares entre sí, así como de la aceptación por parte de diversos actores [6].

La principal ventaja técnica, económica y social que se espera obtener, a través del diseño y desarrollo del innovador sistema de baños prefabricados, es incrementar la productividad de las obras y la calidad de las soluciones de las viviendas, que en el medio plazo, es decir cuando se evalúan los costes definitivos de construcción de un edificio, redundan en un ahorro para la promoción, que es mayor cuanto mayor sea el número de baños instalados.

En lo relativo a la experiencia del usuario final se han mejorado las prestaciones de los baños gracias a las mejoras en los sistemas de ventilación, la respuesta de los espejos frente al vaho y se ha tendido a minimizar los sonidos generados por tuberías de saneamiento y agua.

Este sistema permite la cómoda incorporación de suelo radiante, que en otros sistemas conocidos es una operación complicada o inviable. Todo ello teniendo especial cuidado en que la incorporación del baño modular como solución mantenga la clase A de eficiencia energética del edificio.

En lo relativo al proceso o sistema de ejecución los principales avances se basan en la mejora de los procesos de fabricación en seco, así como en el desarrollo de soluciones constructivas que optimicen los tiempos y medios productivos como el bote sifónico (cuando la única posibilidad hasta el momento eran los sifones individuales), la salida del inodoro en vertical, cuando la solución de otros sistemas modulares únicamente es en horizontal, o el desarrollo de un sistema que hace viable y óptimo el alicatado directamente sobre chapa.

En cuanto a las operaciones de logística, transporte a obra, colocación y montaje-conexión los avances técnicos se han referido al sistema y medios de elevación, mediante el desarrollo de un "útil" específico que permite la ubicación directa del baño sobre forjado, prescindiendo de andamios previos, siendo por tanto la operación más rápida y económica.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que con los baños industrializados es posible la construcción o montaje con un mínimo de materiales para la realización de juntas, conexiones y remates, por lo cual se disminuyen los acarrees, las facilidades temporales para el almacenaje y las pérdidas, sobre todo desperdicios y emanaciones, ya que en la planta los residuos son mejor controlados y disminuidos lo máximo posible.

Además, al llegar los componentes prefabricados a obra, se reduce la cantidad de residuos generados en el terreno donde se realiza la construcción (embalajes, rotura de piezas, etc.), así como la presencia en obra de productos tóxicos.

El mejor momento para introducir estos sistemas modulares se constituye en el plazo del proyecto básico, ya que es cuando integraremos los módulos con mayores ventajas y menores costes, de forma que podremos conseguir que sean repetitivos y proyectaremos las dimensiones óptimas para los transportes.

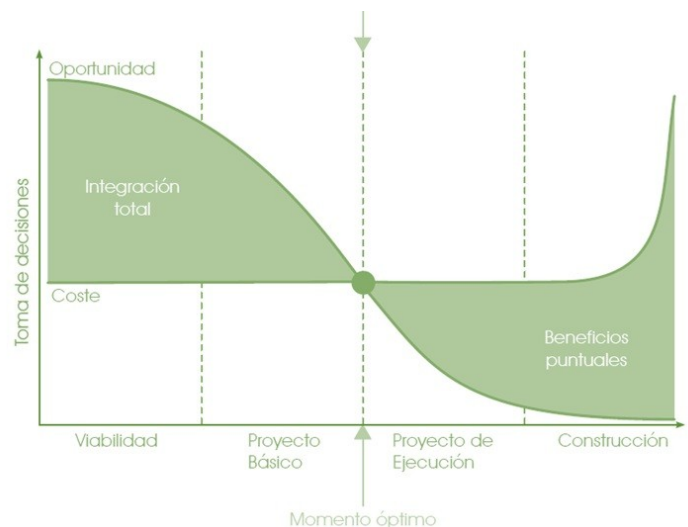


Figura 2: Gráfico de toma de decisiones del momento óptimo Coste-oportunidad. Conspace

Si bien estamos hablando que los sistemas modulares de cuartos de baños suponen una ventaja económica respecto de la ejecución por metodología tradicional, cabe explicar que ese ahorro de costes no se explica teniendo en cuenta únicamente el presupuesto de ejecución material.

El precio de ejecución del cuarto de baño es similar en los sistemas industrializados y artesanales, pues para su levantamiento se utilizan los mismos materiales, si bien la industrialización optimiza las cantidades utilizadas.

En el baño fabricado en industria, debemos añadir gastos de transporte y elevación, por lo que su precio directo puede suponer una desventaja.

Para considerar los ahorros derivados del uso modular, debemos contabilizar los gastos inherentes al tiempo: los gastos generales e indirectos de promotores y constructores, los intereses sobrevenidos de los prestamos promotores o

avales a clientes, la postventa por una mala calidad de ejecución así como el coste de oportunidad deben ser factores tenidos en cuenta a la hora de valorar la viabilidad económica de estos productos.

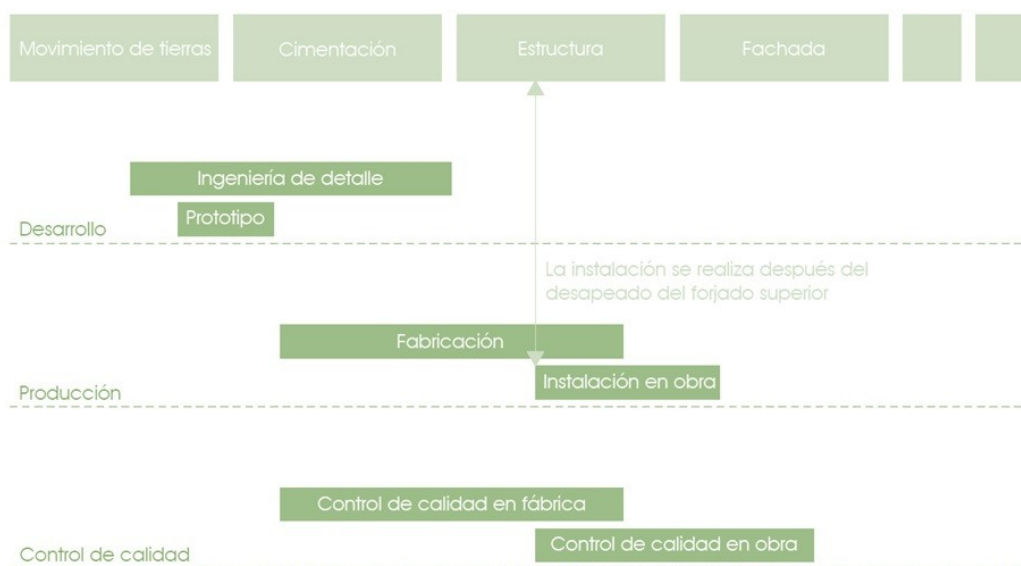


Figura 3: Gráfico comparativo de análisis de ahorros entre la ejecución material de un baño tradicional y la ejecución de un baño industrializa-

### 3. PLANIFICACIÓN

#### 3.1. ACTIVIDAD 1 – ESTUDIO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS. ESTADO DE LA TÉCNICA

Durante la primera actividad se tomara contacto con la problemática planteada, se debe alcanzar el conocimiento suficiente del problema, recopilando la información sobre los sistemas convencionales y de la competencia e identificando las necesidades que orienten los requisitos que debe cumplir el nuevo producto (baño modular) y su proceso de fabricación y colocación en el punto de demanda. El objetivo final de esta actividad es identificar los objetivos y los puntos clave de diseño, mejora y optimización y así generar una propuesta técnica o variedad de alternativas a considerar en la actividad siguiente de diseño.

Resultados esperados: Propuesta técnica y tecnológica más idónea para desarrollar un nuevo par producto-proceso de baños modulares de alta eficiencia.

#### 3.2. ACTIVIDAD 2 - DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA NUEVA

A partir de los requisitos técnicos y funcionales, determinados en la actividad 1, se deberá realizar un estudio de los diferentes componentes que conforman los baños, así como los medios involucrados en las fases subsiguientes a la fabricación del baño como son el transporte, la elevación o colocación en el punto del destino así como la conexión y montaje del baño.

Para los puntos claves de diseño identificados previamente se

realizarán las propuestas de diseño para finalmente desembocar en un diseño final de prototipo mediante la consecución de plantillas de ingeniería de detalle.

Resultados esperados: Planos / Selección de componentes de los prototipos / Diseños de componentes y de prototipos completos.

#### 3.3. ACTIVIDAD 3 – DESARROLLO DE PROTOTIPOS DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA NUEVA

A partir de los diseños anteriores se desarrollaran los diferentes tipos de prototipo definidos en la actividad anterior. Gracias al desarrollo de los prototipos se adquirirá el conocimiento práctico necesario para la optimización de las diferentes fases de fabricación, la identificación de medios necesarios y la organización del trabajo, es decir, el conocimiento de los tiempos mínimos de ejecución.

Resultados esperados: Prototipos físicos ejecutados/ Definición del proceso de fabricación / Definición del proceso de carga-descarga / Definición del proceso de elevación y puesta en obra.

#### 3.4. ACTIVIDAD 4 – DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA REHABILITADA

En la última actividad se replican las actividades 2 y 3, es decir diseño e implantación de prototipos, aplicado al caso de baños modulares requeridos en rehabilitación de hoteles, residencias, hospitales, etc., es decir, edificios del sector terciario.

La problemática es bien diferente ya que el edificio no está

en construcción y hay otros muchos condicionantes que obligan a que las operaciones de diseño del baño sean muy precisas. Durante esta actividad se deberá definir un diseño base que persiga los mismos objetivos ya marcados (reducción de tiempos de ejecución, minimización de costes, respeto de las calidades, etc.), y se realizará un prototipo que ayude a configurar el sistema óptimo de fabricación.

### 3.5. VENTAJAS DEL BAÑO MODULAR (INDUSTRIALIZADO) FRENTE AL BAÑO TRADICIONAL (IN-SITU)

- ♦ CALIDAD:  
Calidad uniforme industrializada; Estandarización; Control de planificación; Menor probabilidad de fallos: los baños se prueban en fábrica.
- ♦ COSTO:  
Ahorro en supervisión en inspección; Coste fijo; Menor gasto en faenas de apoyo (trazado, aseo, transporte Interno, retiro de escombros, protección, etc.); Reducción del coste unitario, generales y de gestión; Reducción en costes seguridad y prevención.
- ♦ FABRICACIÓN - MONTAJE  
Mejor coordinación de proveedores y gremios; Rápida conexión en obra a las redes generales de electricidad y fontanería, saneamiento y ventilación; Mayor control del proceso de fabricación.
- ♦ SEGURIDAD  
Instalación de faenas más pequeñas; Menor exposición a accidentes; Menos personal en obra.
- ♦ TIEMPOS DE FABRICACIÓN - PLAZO  
Instalación en obra en el menor tiempo posible; Mejor control en plazo de obra; Mejor plazo de certificaciones; Retorno anticipado de la inversión; Sin tiempos muertos o de espera; Simplificación de gestión en obra.

## 4. CONCLUSIONES

Por todo ello los baños modulares no solo deben justificarse por una cuestión económica, que como ya hemos comentado pueden ser más económicos en promociones de más de 50-100 viviendas que tengas un gran número de viviendas vendidas, a veces deberían ser la solución idónea cuando los condicionantes son más ajustados, es decir, el baño modular es una excelente solución en las siguientes situaciones constructivas:

- ♦ Cuando hay módulos repetitivos: promociones con número considerable de viviendas tipo.
- ♦ Cuando se necesita acortar la duración de la obra.
- ♦ Cuando falta mano de obra local cualificada.
- ♦ Cuando las altas calidades y su homogeneidad son fundamentales.
- ♦ Cuando se utilizan materiales delicados, caros y complicados de colocar (materiales naturales, grandes formatos, etc.) que necesitan un cuidado especial muy

difícil de conseguir en obra.

- ♦ Cuando se necesita información segura y fija sobre el coste de los baños sin gastos inesperados.
- ♦ Cuando se quiere reducir los riesgos de seguridad y de impacto ambiental de la obra

## 5. REFERENCIAS

- [1] Aguiló Alonso, M. Et al. (1974) Prefabricación: Teoría y práctica. Editores Técnicos asociados, Barcelona
- [2] A.S.G. Bruggeling, C.F.Huyghe. (1991) Prefabrication with Concrete.
- [3] Balladur, J (1996) Industrialización: La industrialización del edificio. Hogar y arquitectura: revista bimestral de la obra sindical del hogar, ISSN 18-3237, N°62, PP 68
- [4] Berndt, K. (1970) La prefabricacion de viviendas en hormigón.
- [5] Boresi, A. P., Schmidt, R. J. Y Sidebottom, O. M. (1993). Advanced Mechanics of Materials, 5 Th Edition, John Wiley & Sons Inc, New York.
- [6] Bygballe, Lena E. Ingemansson, Malena, (2014) The logic of innovation in construction, Industrial Marketing Management, Volume 43
- [7] Costa, L. (1949) Razones de la Nueva Arquitectura. Informes de la construcción, nº12 julio 1949. Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento. Consejo superior de Investigaciones Científicas CSIC
- [8] Cruz Lopez. M.P. (2001) Construcción y arquitectura industrial para el siglo Xxi. Un análisis preliminar. Informes de la construcción, Vol. 53, 473, 39-53
- [9] CEB: Recomendaciones para el Proyecto, Ejecucion y Montaje de Elementos Prefabricados.
- [10] CTE: Código Técnico de la Edificación.
- [11] EHE: 08 Instrucción de Hormigón estructural.
- [12] Gomez Jauregui, Valentin (2008). Industrializacion Vs Prefabricacion. Gremios, Periodico de la Construccion. (77). BI-2610-01.
- [13] Jaillon, Lara; Poon, C.S. (2009) The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector, Automation in Construction, Volume 18
- [14] Lewicki, Bohdan. (1968) Edificios de viviendas prefabricadas con elementos de grandes Dimensiones.
- [15] Rohm, Walter. (1977) La prefabricación.
- [16] Salas J., Oteiza, I. (2009) Estrategias divergentes de industrialización abierta para una edificación pretenciosamente sostenible. Informes de la construcción, Vol.61, 513, 11-31, enero-marzo 2009. ISSN: 0020-0883. eISSN: 1988-3234. Doi:10.3989/ic.08.050
- [17] Von Halasz, R.G. Tantow, G. (1972) La construccion de grandes elementos prefabricados.

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



# Management in the conservation of patrimonial architecture and historical centers

## La gestión en la conservación de la arquitectura patrimonial y de nuestros centros históricos

**JOSÉ LUIS JAVIER PÉREZ MARTÍN**

Profesor Titular de E.U., Departamento de Tecnología de la Edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Juan de Herrera nº 6, 28040 Madrid, España. Madrid. [joseluisjavier.perez@upm.es](mailto:joseluisjavier.perez@upm.es)

- ◊ Overcome the localism of "cultures" and elevate it to level of a concept.
- ◊ Avoid in the Historical Centers the permissiveness that transforms them into Museums.
- ◊ A new professional profile is required: The Facility Manager of Built Heritage.

**The management of our Historical Centers and in general of our patrimonial architecture needs new professional profiles. The economy focused approaches that the current legislation shed on rehabilitation, regeneration and urban renewal can be an incentive, without any doubt, but if we do not understand the meaning of what it was, it is and it can become, we will transform, deform and finally destroy that what should be preserved. The present work intends to be a warning call to the academic world and general society, to make an effort in the knowledge of the importance that has our built Heritage, and thus, to form a highly qualified professional able to give answers in this specific field of Conservation of our Heritage, without wasting time in adjusting existing professional profiles that are not the answer to a concrete need.**

*Culture, Heritage, Management, Conservation, Rehabilitation, Historical Centre*

- ◊ Superar el localismo de "las culturas" y elevarlo al nivel de concepto.
- ◊ Evitar, en los Centros Históricos, la permisividad que los transforma en museos.
- ◊ Se precisa un nuevo perfil profesional: El Gestor del Patrimonio Construido.

**La gestión de nuestros Centros Históricos y en general de nuestra arquitectura patrimonial, precisa de perfiles profesionales nuevos. Los planteamientos economicistas que la legislación vigente vierte sobre la rehabilitación, regeneración y renovación urbana, pueden ser un incentivo, sin duda alguna, pero si no se entiende y comprende el significado de lo que fue, es y puede llegar a ser, transformaremos, deformaremos y finalmente destruiremos lo que debería ser conservado. El presente trabajo pretende ser una llamada de atención, al mundo académico y a la sociedad en general, para realizar un esfuerzo en el conocimiento del significado que nuestro Patrimonio construido tiene, y así, formar un profesional altamente cualificado capaz de dar respuestas en este campo específico de la Conservación de nuestro Patrimonio, sin perder el tiempo en ajustar perfiles profesionales ya existentes que no son la respuesta a una necesidad concreta.**

*Cultura, patrimonio, gestión, conservación, rehabilitación, centro histórico*

### 1. PREÁMBULO

La Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, cuya vigencia acaba de ser prorrogada por un año, en su preámbulo señala, entre otras cuestiones, como "la rehabilitación y la regeneración y renovación urbanas tienen, además, otro relevante papel que jugar en la recuperación económica, coadyuvando a la reconversión de otros sectores, entre ellos, fundamentalmente el turístico. La actividad turística es clave para la economía de nuestro país y supone más de un 10,2 % del PIB, aportando un 11,39 % del empleo. Numerosos destinos turísticos «maduros»

se enfrentan a un problema sistémico en el que tiene mucho que ver el deterioro físico de sus dotaciones y respecto de los cuales, la aplicación de estrategias de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas podría generar impactos positivos que, a su vez, servirían de palanca imprescindible para el desarrollo económico de España".

Es esta visión economicista, la que nos hace tener alguna prevención, si no se entiende que esta actividad afecta a una arquitectura preexistente, que en muchos casos, su pervivencia, está vinculada a factores de protección derivados de una variada escala de "valores" que la sociedad les ha asignado, convirtiéndoles en bienes

patrimoniales, representativos de nuestra aportación a la Cultura universal. Quién participe en esta actividad debe tener una especial y específica formación.

El deficiente estado de conservación del parque inmobiliario, tal como señala la Ley mencionada: “necesita intervenciones de rehabilitación y de regeneración y renovación urbanas que permitan hacer efectivo para todos, el derecho constitucional a una vivienda digna y adecuada, así como la exigencia del deber de sus propietarios de mantener los inmuebles en adecuadas condiciones de conservación”; no obstante, esto no debe ser justificación para la realización de intervenciones tecnocráticas al margen de la realidad cultural del inmueble o de los conjuntos urbanos.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN. ANTECEDENTES

Lo que se entiende por “cultura” no es otra cosa que el conjunto de respuestas materiales e inmateriales que los distintos grupos sociales han ido dando a sus necesidades en función de los condicionantes de su entorno y de su momento histórico. Si lo planteamos grupo a grupo nos encontramos con “las culturas” como respuestas distintas, de los distintos grupos sociales, en cada momento histórico; pero si entendemos la humanidad, en su conjunto, el término “Cultura” es susceptible de ser entendido como único, donde la multitud de respuestas enriquece y no confronta cuál de las respuestas dadas es mejor, más cultura que las otras.

La cultura, es percibida a través de lo que hemos dado en denominar “Patrimonio Cultural”; lo que nos obliga, nuevamente, a prestar atención al concepto de “Cultura”, desde dos de sus acepciones, la primera tomada desde la antropología: “Conjunto de los elementos materiales y espirituales (lengua, ciencias, técnicas, artes, instituciones, costumbres y usos, pautas de comportamiento, etc.) que caracteriza a una sociedad con respecto a las otras”; y, la segunda, desde la filosofía: “Conjunto de producciones específicas del hombre en tanto que ser dotado de poder de creación, que transforman tanto al hombre como al entorno”. De ambas acepciones extraemos una clara evidencia, la cultura, lo cultural, es resultado de la actividad del hombre.

El “Patrimonio Cultural”, forma parte del concepto “Cultura”, pero sin agotarlo, abarca a bienes materiales (muebles e inmuebles) e inmateriales (costumbres, normativas, etc.), sin que las relaciones entre ambos sean siempre independizables, pues con ello se descontextualizan y pierden coherencia interna algunos bienes, tal como ocurre con los dedicados al culto religioso donde lo inmaterial (cultural) y lo material (muebles e inmuebles) está íntimamente ligado; criterio extrapolable al patrimonio industrial, etc.

El término “Patrimonio Cultural”, tal como indica el profesor Corral Salvador<sup>1</sup>, «permite ir englobando en él los distintos valores que van apareciendo ante la conciencia social: primero fue lo artístico, después lo histórico, también lo documental y bibliográfico, recientemente lo arqueológico y paleontológico y últimamente lo científico y lo técnico; pero siempre por su relación con la Cultura (...))». Son los denominados patrimonios emergentes.

El Diccionario de la Lengua española, de la Real Academia<sup>2</sup>, en su acepción tercera, define “Cultura” como “conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc.”; lo que parece estar más cerca de “las Culturas” que de “la Cultura”, aunque permitiría la generalización. Pero el pensamiento internacional ha ido avanzando en la percepción unificadora, en el que la Cultura es conceptualizada huyendo de visiones pragmáticas diferenciadoras; en este sentido, Milan Kundera define “Cultura” como “memoria del pueblo, la conciencia colectiva de la continuidad histórica, el modo de pensar y de vivir”, que nos aproxima a una percepción unitaria.

Pero es, sin duda, la definición dada por Omsimoy, la que en este momento, caracterizado por la mundialización, nos aproxima a la idea más actual de “Cultura”: “concepto en evolución continua, que solo puede percibirse desde un compromiso personal e intelectual de integración del yo con el entorno, en una actitud holística y enciclopédica.”<sup>3</sup>

El concepto de bien cultural es delimitativo y se refiere a unos bienes, tangibles o intangibles, a los que reconocemos unas características, objetivas o subjetivas, que las diferencian de otros. Las características que delimitan los bienes culturales son sus valores simbólicos o, mejor dicho, son sus valores convencionales, aquellos valores, dados o aceptados, que un grupo social, más o menos amplio, les asigna al margen de su propia materialidad, convirtiéndolos en objetos de conservación. Siendo esos valores, los que igualan culturalmente las obras maestras con las más humildes, pero representativas y llenas de vivencias.

Por todo ello, el Patrimonio, debe ser estudiado desde una visión holística, en la que la interdisciplinariedad debe estar presente.

Siguiendo la clasificación dada por Ian Hodder en “El análisis contextual y significado simbólico”<sup>4</sup>, no solo son objeto de conservación los bienes con valor simbólico, sino también los que tienen un valor historiográfico o documental y funcional o tecnológico, sin que estos tengan que presentarse por separado.

La axiología o teoría de los valores es la parte de la filosofía

<sup>1</sup> Corral Salvador, Carlos. Confesiones religiosas y Estado español — Régimen jurídico. Biblioteca de Autores Cristianos. Madrid, 2007. pág./s. 277y 278. [1]

<sup>2</sup> N.A.- Drae, siglas que corresponden al Diccionario de la Lengua española de la Real Academia. Vigésima tercera edición de octubre de 2014. Madrid. [8]

<sup>3</sup> N.A.- En apuntes del Curso Master MAGE, de la Escuela Técnica Superior de Edificación de la UPM, curso 2015-2016, en la disciplina de “Gestión del Patrimonio Edificado”, impartida por el profesor José Luis Javier Pérez Martín. [5]

<sup>4</sup> N.A.- Hodder, Ian: “The contextual analysis of symbolic meaning”, en Pearce, Susan M., ed. (1994): Interpreting Objects and Collections. Londres. 1994. [2]

que estudia la naturaleza de éstos (lo bueno, lo bello, lo agradable, etc.); su desarrollo se inició en el siglo XIX y coexisten dos tendencias o corrientes: la absolutista y la relativista.

La corriente absolutista tiende a conceputar el valor como una forma especial de ser o entidad objetiva de la que los seres reales participan; mientras que, para la corriente relativista, los valores son puras apreciaciones de los individuos, generalmente relacionadas con las tendencias fundamentales de agrado y desagrado.

En 1972, los Estados Miembros de la UNESCO [7] aprobaron la "Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural", con el fin de remediar la situación crítica en que se encontraba el patrimonio y garantizar, lo mejor posible, la identificación, la protección, la conservación y la revalorización del Patrimonio Mundial irremplazable.

Para ello, el artículo 5 de esta Convención, señala que los Estados miembros procurarán dentro de lo posible:

- a. *Adoptar una política general encaminada a atribuir al patrimonio cultural y natural una función en la vida colectiva y a integrar la protección de ese patrimonio en los programas de planificación general.*
- b. *Instituir en su territorio, si no existen, uno o varios servicios de protección, conservación y revalorización del patrimonio cultural y natural, dotados de un personal adecuado que disponga de medios que le permitan llevar a cabo las tareas que le incumban.*
- c. *Desarrollar los estudios y la investigación científica y técnica y perfeccionar los métodos de intervención que permitan a un Estado hacer frente a los peligros que amenacen a su patrimonio cultural y natural.*
- d. *Adoptar las medidas jurídicas, científicas, técnicas, administrativas y financieras adecuadas, para identificar, proteger, conservar, revalorizar y rehabilitar ese patrimonio.*
- e. *Facilitar la creación y el desenvolvimiento de centros nacionales o regionales de formación en materia de protección, conservación y revalorización del patrimonio cultural y natural y estimular la investigación científica en este campo.*

Los Estados Partes de la Convención, reconocen que con independencia y respeto pleno a las distintas soberanías nacionales, el patrimonio cultural y natural existente en sus

territorios, constituyen un patrimonio universal en cuya conservación la comunidad internacional entera tiene el deber de cooperar.

La Convención preveía la protección de los bienes culturales y naturales considerados de valor universal excepcional, así como el establecimiento, para su logro, de un "Comité del Patrimonio Mundial", y la creación de un "Fondo del Patrimonio Mundial". Tanto el Fondo como el Comité fueron creados en 1976.

Entre otras funciones, el Comité, quedaba encargado de elaborar, llevar al día y publicar una lista del Patrimonio Mundial, de acuerdo a las definiciones de los artículos 1 y 2.<sup>5</sup> Esta lista se elaborará a partir de las remitidas por los diversos Estados con los bienes aptos para ser incluidos en la lista mundial, no pudiendo ser inscrito ningún bien sin el preciso consentimiento del Estado en cuyo territorio se asienta dicho bien.

Junto a esta lista y cada vez que las circunstancias lo exijan, se elaborará otra bajo el título: Lista del Patrimonio Mundial en Peligro, en la que solo podrán figurar los bienes del patrimonio cultural y natural que estén amenazados por peligros graves y precisos, como la amenaza de desaparición debida a un deterioro acelerado, proyectos de grandes obras públicas o privadas, rápido desarrollo urbano y turístico, destrucción debida al cambio de utilización o de propiedad de tierra, alteraciones profundas debidas a una causa desconocida, abandono por cualquier motivo, conflicto armado que haya estallado o amenace estallar, catástrofes y cataclismos, incendios, terremotos, deslizamientos de terreno, erupciones volcánicas, modificaciones del nivel de las aguas, inundaciones y maremotos.

No obstante y a fin de dotar de eficacia los acuerdos de la convención, en 1998, la UNESCO [7] redactó las "Directrices prácticas sobre la aplicación de la convención para la protección del patrimonio mundial".

Dado que el objetivo de la Convención no es proteger todos los bienes de gran importancia, valor o interés, sino solamente algunos de los más excepcionales, la inscripción de estos bienes no será efectiva hasta que el Estado del que emana la solicitud de inscripción no haya demostrado su compromiso de protegerlo, mediante una legislación adecuada, o mediante el suministro de personal y financiación a un plan de **gestión**.

<sup>5</sup> *Artículo 1. A los efectos de la presente Convención se considerará "patrimonio cultural":*

*Los monumentos:* obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumental, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.

*Los conjuntos:* grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.

*Los lugares:* obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

*Artículo 2. A los efectos de la presente Convención se considerará "patrimonio natural":*

*Los monumentos naturales* constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico.

*Las formaciones geológicas y fisiográficas* y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies animal y vegetal amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico.

*Los lugares naturales* o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

Un aspecto interesante, lo presenta, el documento del 98, en el punto 17, dentro del apartado B), al proponer, para aquellos casos en que se considere preciso, la creación de una "zona tampón", que a su vez será objeto de las medidas de protección necesarias. Esta zona, tiene por finalidad crear un espacio, alrededor del bien a proteger, cuyo uso está restringido a fin de reforzar la protección, y su definición será objeto de los oportunos estudios técnicos. Debiendo figurar estas zonas tampón en las propuestas de inscripción del bien.

Especial atención presta este documento a los denominados "conjuntos urbanos" que pudieran ser objeto de inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial, a los que clasificó en tres categorías:

1. Las ciudades muertas, testimonios arqueológicos del pasado que responden generalmente al criterio de autenticidad, y cuyo estado de conservación es relativamente fácil de controlar.
2. Las ciudades históricas vivas que, por su propia naturaleza, han evolucionado y evolucionarán de resultas de mutaciones socioeconómicas y culturales, lo que hace más difícil cualquier evaluación en función del criterio de autenticidad y más aleatoria cualquier política de conservación.
3. Las ciudades nuevas del siglo XX que, paradójicamente, tienen algo en común con las dos categorías anteriores: su organización urbana original sigue siendo muy legible y su autenticidad es innegable, pero su futuro es impredecible puesto que su evolución es en gran medida incontrolable.
4. El de sectores, barrios o manzanas que constituyan, aun en estado residual, una muestra coherente de una ciudad histórica. En ese caso la zona y los edificios en cuestión deben ser lo suficientemente representativos del conjunto desaparecido.

Como antecedentes, a todo este movimiento, cabría recordar algunos otros documentos, o aspectos puntuales de ellos, que nos permitirán entender la evolución del concepto: "ciudades patrimonio":

- ♦ La Carta de Venecia de 1964, en su artículo 1º, hacia una redefinición del concepto monumento: "La noción de monumento comprende tan-to la creación arquitectónica aislada como también el sitio urbano o rural que nos ofrece el testimonio de una civilización particular, de una fase representativa de la evolución o progreso, o de un suceso histórico. Se refiere no solo a las grandes creaciones sino igualmente a las obras maestras que han adquirido con el tiempo un sig-nifica-do cultural".
- ♦ La Recomendación relativa a la salvaguardia de los conjuntos históricos y su función en la vida contemporánea, dada en Nairobi en 1976:
  - a. Se considera "**conjunto histórico o tradicional**" todo grupo de construcciones y de espacios, inclusive los lugares arqueológicos y paleontológicos, que constituyan un asentamiento humano tanto en medio urbano como en medio rural y cuya cohesión y valor son reconocidos desde el punto de vista arqueológico, arquitectónico, prehistórico, histórico, estético o sociocultural.

b. Entre esos "conjuntos, que son muy variados, pueden distinguirse en especial: los lugares prehistóricos, **las ciudades históricas**, los antiguos barrios urbanos, las aldeas y los caseríos, así como los conjuntos monumentales homogéneos, quedando entendido que estos últimos deberán por lo común se conservados cuidadosamente sin alteración.

c. Se considera "medio" de los conjuntos históricos el marco natural o construido que influye en la percepción estática o dinámica de esos conjuntos o se vincula a ellos de manera inmediata en el espacio por lazos sociales, económicos o culturales.

d. Se entiende por "salvaguardia" la identificación, la protección, la conservación, la restauración, la rehabilitación, el mantenimiento y la revitalización de los conjuntos históricos o tradicionales y de su medio.

- ♦ La Carta de Washington de 1987 para la Conservación de Ciudades históricas y Áreas Urbanas históricas, que en su preámbulo dice: "La presente Carta concierne a los núcleos urbanos de carácter histórico, grandes o pequeños, comprende todo tipo de poblaciones (ciudades, villas, pueblos, etc.) y, más concretamente, los cascos, centros, barrios, barriadas, arrabales, u otras zonas que posean dicho carácter, con su entorno natural o hecho por el hombre. Más allá de su utilidad como documentos históricos, los referidos núcleos son expresión de los valores de las civilizaciones urbanas tradicionales".

### 3. LA GESTIÓN DE LOS CENTROS HISTÓRICOS

Para acometer este apartado es preciso delimitar su contenido, saber a qué nos referimos, para ello nada mejor que apoyarnos en la definición que, de los Centros Históricos, se dio en el «Coloquio sobre la preservación de los centros históricos ante el crecimiento de las ciudades contemporáneas» celebrado en Quito en marzo de 1977, articulada en torno a tres ideas fundamentales:

El centro histórico queda definido como:

- ♦ "Todos aquellos asentamientos humanos vivos, fuertemente condicio-nados por una estruc-tura física proveniente del pasado, reconocibles como representativos de la evolución de un pueblo".
- ♦ "Los centros históricos no solo son patrimonio cultural de la humanidad, sino que pertenecen de forma par-ticular a todos aque-llos sectores sociales que los habi-tan".
- ♦ "La conservación de los centros históricos debe ser una operación destinada a revitalizar no solo inmue-bles, sino primordial-mente la calidad de vida de la socie-dad que los habita, aplicando su capacidad creativa y equi-librando su tecnología tradicional con la con-temporánea".

Esta conceptualización se vio ratificada en la Carta de Veracruz de 1992 sobre «Criterios para una política de actuación en los centros históricos de Iberoamérica», constituyéndose en un documento de transición, sintetizando de forma espléndida el concepto de Centro Histórico, sus valores, y su integración en la Ciudad actual, conectando con los

problemas que habían sido puestos de manifiesto en Québec el año anterior (Declaración de Québec sobre la protección de los Conjuntos históricos urbanos en periodo de evolución y red de las Ciudades del Patrimonio Mundial) planteando una propuesta de futuro, un modelo de "Gestión", como alternativa a la acción dispersa, lo que implica una visión de actuación integral, que sin lugar a dudas es el modelo a seguir, y que solo había sido planteado en la Carta de Burra (ICOMOS Australia), afirmando en su texto:

- ♦ "Entendemos como centro histórico un conjunto urbano de carácter irreplicable en el que van marcando su huella los distintos momentos de la vida de un pueblo, formando la base en la que se asientan sus señas de identidad y su memoria social.
- ♦ El valor irrenunciable de estas señas lo convierten en un bien patrimonial, su pérdida significa la ruptura del anclaje de la sociedad con sus orígenes, hipotecando su porvenir.
- ♦ Es, por tanto, un bien que es obligatorio conservar y transmitir al futuro, para que un pueblo sepa quién es, donde está y a donde va".

El artículo 15.3 de nuestra Ley del Patrimonio Histórico Español (1985) sintetiza los anteriores textos con la siguiente definición:

- ♦ "Conjunto histórico es la agrupación de bienes inmuebles que forman una unidad de asentamiento, continua o dispersa, condicionada por una estructura física representativa de la evolución de una comunidad humana por ser testimonio de una cultura o constituir un valor de uso y disfrute para la colectividad".

Para terminar esta introducción considero preciso referirnos a la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles (2007), documento emanado del Consejo de Europa que, aunque no es una carta específica sobre conservación del patrimonio cultural, es un documento en el que se diseñan unas líneas de acción para una política integrada de desarrollo aplicable a los distintos territorios, combinando, simultánea y equitativamente, las preocupaciones e intereses precisos para el desarrollo urbano.

*«Nuestras ciudades poseen cualidades culturales y arquitectónicas únicas, poderosas fuerzas de inclusión social y posibilidades excepcionales para el desarrollo económico. Son centros de conocimiento y fuentes de crecimiento e innovación. Sin embargo, también sufren problemas demográficos, desigualdad social y exclusión social de grupos específicos de población, carencia de viviendas asequibles y apropiadas y problemas medioambientales. A largo plazo, las ciudades no pueden satisfacer su función de motor de progreso social y crecimiento económico, tal y*

*como se describe en la Estrategia de Lisboa, a menos que seamos capaces de mantener el equilibrio social, tanto intraurbano como interurbano, de proteger su diversidad cultural y de establecer una elevada calidad en lo que al diseño, la arquitectura y el medio ambiente se refiere.*

*Necesitamos que, de forma creciente, todas las personas e instituciones involucradas en el proceso de desarrollo urbano aúnen estrategias globales y coordinen sus acciones más allá del ámbito aislado de cada ciudad y comunidad. Cada nivel de gobierno (local, regional, nacional y europeo) tiene su propia responsabilidad para con el futuro de nuestras ciudades. Para que este gobierno a distintos niveles sea realmente efectivo, debemos mejorar la coordinación de las áreas de política sectorial y desarrollar un nuevo sentido de responsabilidad respecto a la política integrada de desarrollo urbano. Debemos también asegurarnos de que aquellos que trabajen para llevar a cabo dichas políticas a todos los niveles, adquieran el conocimiento y las competencias genéricas e interprofesionales necesarias para construir ciudades y comunidades sostenibles.»<sup>6</sup>*

Recordemos que, al hablar de los Centros Históricos, lo hacemos sobre una parte muy especial del "patrimonio cultural", concepto superador a la vez que sumativo de los de patrimonio histórico, artístico, etc., desde un sentido antropológico<sup>7</sup>, pese a su amplitud y sin entrar en el debate que este término, en sí mismo, origina. El propio concepto de bien cultural ya es delimitativo y se refiere a unos bienes tangibles o intangibles a los que reconocemos unas características objetivas o subjetivas que las diferencian de otros, como ya hemos mencionado anteriormente.

Nuestros Centros Históricos son una amalgama de trazas urbanas y construcciones resultado del devenir del tiempo, respuesta material que a cada momento histórico fueron dando a sus necesidades los pobladores que allí habitaron; lo que los convierte en los documentos más valiosos para la investigación y conocimiento de sus procesos evolutivos, tanto técnicos como sociológicos. Pero sobre todo, y ante todo, forman parte de nuestras ciudades de hoy en día, debiendo aprender a adaptarse y convivir con la época actual, como ya lo hicieron en épocas pretéritas, pero sabiendo exigir su derecho a ser conservados y respetados los valores que representan.

Hace algunos años, en torno a la década de los ochenta, se empezaron a incorporar nuevos aspectos a los procesos productivos, tales como los de "Seguridad", "Calidad", "Sostenibilidad", "Mantenimiento", "Rehabilitación", "Accesibilidad", "Medio ambiente" etc.; todos ellos han ido dando lugar a la aparición de especializaciones profesionales con que afrontar las nuevas demandas sociales, mediante

<sup>6</sup> N.A.- La relación entre cultura y economía, se encuentra recogida en el Preámbulo de la Constitución Española de 1978: «La Nación española, deseando establecer la justicia, la libertad y la seguridad y promover el bien de cuantos la integran, en uso de su soberanía, proclama su voluntad de: (...), promover el progreso de la cultura y de la economía para asegurar a todos una digna calidad de vida.» que se plasman en los artículos 44 a 48. También el artículo 103.1., «La Administración pública sirve con objetividad los intereses generales y actúa de acuerdo con los principios de eficacia, jerarquía, descentralización, desconcentración y coordinación, con sometimiento pleno a la Ley y al derecho.»

<sup>7</sup> N.A.- Antropología es la ciencia que estudia comparativamente el hombre y sus variedades raciales y culturales, desde sus orígenes hasta nuestros días y según su distribución en el espacio.

áreas competenciales específicas.

No obstante los conceptos anteriores también han seguido evolucionando, y lo han hecho hacia el campo de la “Gestión”, de forma que hoy se habla de la “Gestión de la seguridad”, “Gestión del patrimonio”, “Gestión de la calidad”, etc., hasta llegar a una denominada y deseada “Gestión integrada”, que no es lo mismo que “integral”, ique también!.

¿Pero que debemos entender por “Gestión”?<sup>8</sup> Según el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia se define “Gestión” como: acción y efecto de gestionar, acción y efecto de administrar y, aplicado a negocios, como cuasi contrato que se origina por el cuidado de intereses ajenos sin mandato de su dueño.

De igual modo se entiende por “gestionar” el hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera.

Si la referencia la buscamos en el Diccionario de uso del español de María Moliner<sup>9</sup>, el término “gestión” se define como: “acción que se realiza para la consecución de algo o la tramitación de un asunto; o también como: cuidado de un asunto o negocio”. Definiendo “gestionar” como dirigir u organizar un proyecto, una empresa, etc.

Según la Norma ISO 9000: 2005, “gestión” es el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización.

Prestemos ahora atención al término “Proyecto”, recogido en la definición de “gestionar” mencionado anteriormente; entendiéndolo no solo como conjunto de documentos que definen y sirven de base para la ejecución de un edificio o una obra de ingeniería, sino, de una manera más amplia, referido a la intención que se tiene de hacer una cosa y plan con que se cuenta para realizarla; es decir, extendiendo el concepto de “proyecto” a cualquier actividad encaminada a lograr un objetivo.

La Norma ISO 10006 define el “proyecto” como un proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización (ciclo de vida), llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos y requerimientos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, coste y recursos. La temporalidad a que hace referencia la norma no implica cortos plazos, pudiendo tener pervivencia en el tiempo bien de forma directa o indirecta, debido a los impactos sociales, económicos y ambientales que puede producir y que durarían más que los propios proyectos.

La finalidad de todo “proyecto” es conseguir transformar una idea en una realidad, realidad que puede verse materializada en un objeto (edificio, maquina, etc.) o en la prestación de un servicio; siendo este último aspecto en el que me gustaría centrarme para hablar, más adelante, del “Gestor del Patrimonio Construido”.

La coordinación de actividades, implícitas en todo proyecto,

conlleva la existencia de un marco normativo y organizativo que de forma armónica posibiliten el resultado deseado; aspectos que, referidos a nuestro Patrimonio, son proclamados desde el preámbulo de La Constitución Española de 1978, en la que “La Nación española, deseando establecer la justicia, la libertad y la seguridad y promover el bien de cuantos la integran, en uso de su soberanía, proclama su voluntad (entre otras) de:

- ♦ Proteger a todos los españoles y pueblos de España en el ejercicio de los derechos humanos, sus culturas y tradiciones, lenguas e instituciones
- ♦ Promover el progreso de la cultura y de la economía para asegurar a todos una digna calidad de vida”.

Voluntad que termina plasmándose en su articulado:

#### Artículo 44.

1. Los poderes públicos promoverán y tutelarán el acceso a la cultura, a la que todos tienen derecho.
2. Los poderes públicos promoverán la ciencia y la investigación científica y técnica en beneficio del interés general.

#### Artículo 46.

Los poderes públicos garantizarán la conservación y promoverán el enriquecimiento del patrimonio histórico, cultural y artístico de los pueblos de España y de los bienes que lo integran, cualquiera que sea su régimen jurídico y su titularidad. La ley penal sancionará los atentados contra este patrimonio.

Además, el término “cultura” aparece mencionado en los artículos 3, 9.2, 25.2, 48, 50, 143.1, 148.1.17, 149.1.28, 149.2; de entre los que destacaremos los siguientes:

#### Artículo 143.

1. En el ejercicio del derecho a la autonomía reconocido en el artículo 2 de la Constitución, las provincias limítrofes con características históricas, culturales y económicas comunes, los territorios insulares y las provincias con entidad regional histórica podrán acceder a su autogobierno y constituirse en Comunidades Autónomas con arreglo a lo previsto en este Título y en los respectivos Estatutos.

#### Artículo 148.

1. Las Comunidades Autónomas podrán asumir competencias en las siguientes materias: (...)

17° El fomento de la cultura, de la investigación y, en su caso, de la enseñanza de la lengua de la Comunidad Autónoma.

#### Artículo 149.

1. El Estado tiene competencia exclusiva sobre las siguientes materias: (...)

28° Defensa del patrimonio cultural, artístico y monumental

<sup>8</sup> Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española — vigésima primera edición— Tomo I (a-g). Espasa Calpe, 1992-1994. Madrid. pág. 1038. [7]

<sup>9</sup> Moliner, María. Diccionario de uso del español — Tomo I (a-i). Editorial Gredos S.A.U (Licencia editorial para Circulo de Lectores), 2007. Madrid. pág.1455. [4]

español contra la exportación y la expoliación; museos, bibliotecas y archivos de titularidad estatal, sin perjuicio de su gestión por parte de las Comunidades Autónomas.

2. *Sin perjuicio de las competencias que podrán asumir las Comunidades Autónomas, el Estado considerará el servicio de la cultura como deber y atribución esencial y facilitará la comunicación cultural entre las Comunidades Autónomas, de acuerdo con ellas.*

Son pues, los poderes públicos, Estado y Comunidades Autónomas, como organización política de la Nación, quienes ostentan las competencias en materia cultural, en su calidad de gestores de un proyecto que se llama España, del que son un medio y nunca un fin.

Los "proyectos" de cada Comunidad autónoma pueden ser gestionados de forma individualizada; pero al igual que cuando hablamos de grandes empresas, los "proyectos" se agrupan en "programas" que están constituidos por proyectos relacionados de alguna manera. Un conjunto de "programas" y/o "proyectos" cuya finalidad está relacionada con objetivos estratégicos de la empresa, se agrupan en "portafolios"; nuestro "portafolio" corresponde al "Patrimonio Cultural".

Por otro lado, dentro del marco normativo vigente, contamos con la Ley 13/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, que al margen del hoy superado término "histórico", en su Artículo primero, apartado 2 dice: *"Integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico"*.

Esta Ley se ha visto desarrollada en tantas como Comunidades Autónomas conforman el Estado Español, con evidentes diferencias entre ellas, lo que dificulta la homogeneidad de criterios para su gestión. Pero también el propio texto de la Ley del 85, presenta ciertos desfases con la realidad actual, tanto por excesos como por carencias de contenidos.

El hecho que la LPH incluya el "patrimonio paleontológico", podría responder al propio marco de la Ley, "histórico", que no "cultural", ya que los fósiles y sus yacimientos responden a acontecimientos donde el hombre no ha intervenido para nada; por ello, el propio concepto de "histórico" queda desvirtuado y es de difícil aplicación, salvo por el hecho de "provenir del pasado", debiendo integrarse estos bienes, de forma más correcta, dentro del denominado Patrimonio Natural que en España queda regulado por cuatro hitos legislativos: Ley de 4 de diciembre de 1916 (Gaceta de Madrid de 8 de diciembre), Ley 15/1975 de 2 de mayo de Espacios Naturales Protegidos (BOE nº 107 de 5 de mayo), Ley 4/1989 de 27 de marzo de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestres (BOE nº 74 de 28 de marzo), y la Ley 42/2007 de 13 de diciembre del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE nº 299 de 14 de diciembre), además de una amplia normativa de desarrollo, tanto estatal como de las CCAA.

Frente al apartado anterior, que podríamos considerar como un exceso del contenido de la propia Ley, no porque el "patrimonio paleontológico" no deba ser conservado, sino porque el marco legislativo de la L.P.H. no parece el apropiado, existen otros aspectos o "valores" que quedan fuera del descriptor de los bienes que integran el patrimonio Histórico español tales como el "patrimonio Industrial" en sus múltiples facetas: bienes inmuebles (edificios contenedores de procesos industriales: fábricas. edificios destinados a dar cobertura a servicios industriales: estaciones ferroviarias, etc.), bienes muebles (maquinas al servicio de una producción industrial, servicios de transporte, etc.) o bienes inmateriales (procesos industriales, esquemas organizativos, etc.), que deberían ser considerados de forma conjunta, es decir, como edificios diseñados para dar cobertura a una maquinaria que mediante la aplicación de unos determinados procedimientos eran capaces de obtener un determinado producto en un momento determinado de la historia y vinculado a las condiciones sociales del momento.

Tampoco los bienes culturales que constituyen los "paisajes culturales" quedan recogidos. Igual suerte corre el denominado "patrimonio cultural" (bienes relacionados con el culto religioso) y el "patrimonio inmaterial", a veces identificado con el "patrimonio etnológico" pero cuya propia definición indica su no coincidencia, y que, en todo caso, va más allá del "interés etnográfico" que la Ley recoge como una de las posibles características que deben tener los bienes a que se refiere.

Tal como ha quedado expuesto, el patrimonio industrial, los paisajes culturales, el patrimonio cultural o el patrimonio inmaterial, no están recogidos en el texto legislativo por ser aspectos que la comunidad internacional aún no había acometido en el momento de producirse la Ley (1985), aunque legislaciones autonómicas posteriores si han ido recogiendo algunos de los nuevos contenidos. No obstante, estos aspectos, forman parte de nuestros Centros Históricos.

Con todo lo expuesto trataremos de centrarnos en esas partes de nuestras ciudades que caracterizan su evolución a través del tiempo y de su propia historia, recordando lo explicitado en la Recomendación de Nairobi (1976) y en la Carta de Washington (1987), antes mencionados.

Esos espacios singulares, se encuentran conformando nuestras ciudades y pueblos, corriendo su gestión a cargo de los Ayuntamientos, a los que la vigente LPH en su artículo 7º les reconoce sus funciones en la conservación de los mismos:

*"Los Ayuntamientos cooperarán con los Organismos competentes para la ejecución de esta Ley en la conservación y custodia del Patrimonio Histórico Español comprendido en su término municipal, adoptando las medidas oportunas para evitar su deterioro, pérdida o destrucción. Notificarán a la Administración competente cualquier amenaza, daño o perturbación de su función social que tales bienes sufran, así como las dificultades y necesidades que tengan para el cuidado de estos bienes. Ejercerán, así mismo, las demás funciones que tengan expresamente atribuidas en virtud de esta Ley"*.

Pero la Administración Local no tiene competencias legislativas, por tanto, no puede dictar leyes solo puede establecer normas de carácter reglamentario. Carece de competencias efectivas en la legislación protectora del patrimonio histórico, pero, cuenta con valiosos instrumentos en la legislación urbanística y en la propia legislación estatal ya comentada.

En cuanto al ámbito competencial del Estado, sobre el Patrimonio, este lo ejerce a través del Ministerio de Cultura, cuya estructura orgánica básica y la de sus Organismos autónomos, quedo establecida mediante el Real Decreto 565/1985, de 24 de abril, publicado en el BOE nº 103 de 30 de abril de 1985.

En su Título Segundo “*Servicios centrales del Departamento*”, el artículo 4º está dedicado a la Dirección General de Bellas Artes y Archivos, al que define como: “...*Centro directivo al que corresponde desarrollar las funciones de la Administración del Estado relativas al Patrimonio Histórico Español, a los Museos y Archivos estatales, al plan de exposiciones del Ministerio y al fomento de las artes plásticas*”, señalando a continuación que dependen, de dicha Dirección General, el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICRBC), además de las Subdirecciones Generales de Protección del Patrimonio Histórico, Museos Estatales y de Archivos Estatales.

Siendo competencia de la Subdirección General de Protección del Patrimonio Histórico: la formación del Registro de Bienes de Interés Cultural y del Inventario General de Bienes muebles; la propuesta de adquisición de bienes del Patrimonio Histórico Español y de las medidas que deban adoptarse frente a la expoliación y exportación ilícita del mismo; la asistencia al Director general en la elaboración de la normativa que afecta a las competencias del Centro directivo en coordinación con la Secretaria General Técnica del Departamento y la coordinación con las Unidades del Departamento que intervengan en la gestión de bienes del Patrimonio Histórico Español, así como con la Administración periférica del Estado y en su caso, con las demás Administraciones Públicas.

En el «ICRBC» se unificaron las funciones del antiguo Servicio de Defensa del Patrimonio (SDPAN), del Instituto de Conservación y Restauración de obras de arte (ICROA) y del Servicio Nacional de Restauración de libros y documentos (SELIDO), así como las del Centro Nacional de Información Artística, Arqueológica y Etnológica, y las anteriores Subdirecciones Generales de Monumentos y de Arqueología y Etnología. El nuevo Instituto cambió posteriormente de nombre pasando a ser Instituto del Patrimonio Histórico y desde 2008 Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE).

El artículo quinto, de este Real Decreto, define al Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (hoy IPCE), como: “*Centro al que corresponde la elaboración de planes para la conservación y restauración del Patrimonio Histórico Español; el estudio de métodos y técnicas actualizadas para la restauración y conservación del mismo, el archivo y sistematización de los trabajos realizados en cada caso concreto, la formación de técnicos y especialistas que atiendan a*

*los fines del Instituto, así como la propuesta de celebración, en su caso, de Convenios con otras Administraciones Públicas y Entidades públicas o privadas necesarios para el desarrollo de sus funciones específicas*”.

Además, este mismo artículo, señala, como dependientes del ICRBC (hoy IPCE) una serie de departamentos, con nivel Orgánico de Subdirecciones Generales, tales como el de Monumentos, al que corresponderá el ejercicio de las competencias del Instituto en relación con los monumentos y conjuntos históricos; el de Arqueología y el de Bienes Muebles.

En su artículo séptimo se regula el funcionamiento de la Dirección General de Cooperación Cultural a la que corresponde la ejecución de la política de cooperación cultural con las Comunidades Autónomas y demás Entidades o personas públicas o privadas, dependiendo de ella las Subdirecciones Generales de Cooperación Cultural y la de Cooperación Internacional.

Conocida la estructura y las funciones de los organismos mencionados, en especial en cuanto a la colaboración con otras administraciones o instituciones y en especial la de elaborar, por parte del ICRBC, “*planes para la conservación y restauración del Patrimonio Histórico Español*”, complementaremos este complejo esquema de competencias refiriéndonos al Consejo del Patrimonio Histórico, tal como queda previsto en la Ley 16/1985 (LPHE) en su artículo tercero, en el que aparece dicha figura:

1. *La comunicación y el intercambio de programas de actuación e información relativos al Patrimonio Histórico Español serán facilitados por el Consejo del Patrimonio Histórico, constituido por un representante de cada Comunidad Autónoma, designado por su Consejo de Gobierno, y el Director General correspondiente de la Administración del Estado, que actuará como Presidente.*
2. *Sin perjuicio de las funciones atribuidas al Consejo del Patrimonio Histórico, son instituciones consultivas de la Administración del Estado, a los efectos previstos en la presente Ley, la Junta de Calificación, Valoración y Exportación de Bienes del Patrimonio Histórico Español, las Reales Academias, las Universidades españolas, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y las Juntas Superiores que la Administración del Estado determine por vía reglamentaria, y en lo que pueda afectar a una Comunidad Autónoma, las instituciones por ella reconocidas. Todo ello con independencia del asesoramiento que, en su caso, pueda recabarse de otros organismos profesionales y entidades culturales.*

Siendo funciones del Consejo del Patrimonio Histórico, conforme se recoge en el Título IV de la LPHE “*Sobre la Protección de los bienes muebles e inmuebles*”, en su artículo 35:

1. *Para la protección de los bienes integrantes del Patrimonio Histórico Español y al objeto de facilitar el acceso de los ciudadanos a los mismos, fomentar la comunicación entre los diferentes servicios y promover la información necesaria para el desarrollo de la investigación científica y técnica, se formularán periódicamente Planes Nacionales de Información sobre el Patrimonio Histórico Español.*
2. *El Consejo del Patrimonio Histórico Español elaborará y aprobará los Planes Nacionales de Información referidos*

en el apartado anterior.

3. *Los diferentes servicios públicos y los titulares de bienes del Patrimonio Histórico Español deberán prestar su colaboración en la ejecución de los Planes Nacionales de Información.*

La elaboración de Planes Nacionales, se convierte de este modo en uno de los objetivos fundamentales que deben ser acometidos desde la Administración del Estado.

Los Planes Nacionales, definidos en la Introducción del Plan Nacional de Conservación Preventiva [6], aprobado por El Consejo de Patrimonio en la reunión celebrada en Burgos el 24 y 25 de Marzo de 2011, son:

*(...) instrumentos que se crean para establecer una metodología de actuación unificada sobre conjuntos de bienes culturales, programar las inversiones de acuerdo con las necesidades de conservación y coordinar la participación de las distintas instituciones que intervienen en la conservación de esos conjuntos patrimoniales.*

*Se trata de desarrollar estrategias de gestión que permitan conciliar la protección del patrimonio con su dimensión económica, con su capacidad de generar empleo y riqueza y con la obligación de los poderes públicos de hacer accesible el patrimonio cultural. Para ello es necesario profundizar en todos aquellos aspectos relacionados con la investigación, la documentación, la conservación preventiva y con la difusión tanto de las actuaciones realizadas como del conocimiento adquirido.*

*Actualmente, distintas comisiones interdisciplinares, en las que participan expertos y representantes de la Administración Central y de las Comunidades Autónomas, trabajan en la revisión del Plan Nacional de Arquitectura Defensiva; el Plan Nacional de Catedrales; el Plan Nacional de Abadías, Monasterios y Conventos; y el Plan Nacional de Paisaje Cultural. Igualmente se trabaja en la elaboración de los documentos que servirán de base para la implantación del Plan Nacional de Investigación en Conservación de Patrimonio; el Plan Nacional de Patrimonio Inmaterial, el Plan Nacional de Documentación y el Plan Nacional de Patrimonio del siglo XX. En igual sentido se trabaja en la elaboración de Planes Nacionales sobre Patrimonio Tradicional y Educación y Patrimonio.*

La realidad es que existen múltiples Planes Nacionales, cuya existencia no es conocida más allá de grupos muy interesados, lo que convierte a los Planes Nacionales de Información en una falacia.

El complejo esquema estructural y competencial de la burocratizada administración a nivel estatal y territorial, lejos de ser eficaz, se convierte en una traba para los ciudadanos que, cada vez más, se ven marginados de la gestión de sus intereses; les resulta imposible conocer la interrelación y jerarquización de las instituciones.

La acepción "garantista" con que la administración trata de justificar su actual estructura, acallando cualquier crítica, no es más que el intento de convertirse en un fin en sí misma haciendo parecer los verdaderos fines como meras

herramientas que justifican su existencia. No es que no se hagan cosas o que no se realice una gestión del Patrimonio, es que se excluye a sus titulares: los ciudadanos; quienes por otra parte no demuestran demasiado interés.

A la compleja estructura descrita cabe añadir otras complicaciones, no menores.

Nuestros Centros Históricos, están formados por edificaciones con diversos niveles de protección, regulados por legislaciones distintas (LPHE, Ley del suelo, etc.), además de un caserío exento de protección pero integrado en una trama urbana dotada de redes de servicios e instalaciones cuya titularidad es de las empresas suministradoras; sin olvidar quienes son los propietarios o titulares de derechos de los inmuebles descritos, simultaneándose los de carácter público (bienes demaniales y/o patrimoniales) y privado.

La Administración municipal no puede afrontar sola la labor de preservar el Patrimonio, si la sociedad que habita la ciudad no se siente comprometida en tan ingente tarea. Las actuaciones de la Administración estarían condenadas al fracaso.

Difundir los valores del Patrimonio construido, sensibilizar a las personas que habitan y disfrutan de los entornos urbanos, debe ser prioritario; el conocimiento y reconocimiento de los valores que representan los elementos que lo componen, propiciará el cuidado de los ciudadanos hacia el Patrimonio de su ciudad, haciéndose corresponsables, no por mandato legislativo sino por convicción, aprecio y respeto.

Es misión de todos, no sólo de sus representantes, el tutelar y proteger los elementos patrimoniales. La legislación vigente reconoce la acción pública a todos los ciudadanos:

*"Las personas que observen peligro de destrucción o deterioro en un bien integrante del Patrimonio Histórico Español deberán, en el menor tiempo posible, ponerlo en conocimiento de la Administración competente, quien comprobará el objeto de la denuncia y actuará con arreglo a lo que en esta Ley se dispone" Art. 7º. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE de 29-6-1985)*

Pero este texto, como otros muchos, desprende negatividad, se utiliza al ciudadano para realizar labores de policía, denunciar; en otros se le exige responsabilidad y deber de conservación, sobre los bienes de que es titular, mediante legislaciones coercitivas y sancionadoras, a veces maquilladas mediante campañas de subvenciones que se manifiestan insuficientes, aleatorias y gravadas con una fiscalidad duplicada, abusiva e injusta, aunque eso sí, debidamente legislada o reglamentada, evidenciando un exacerbado afán recaudador del que el ciudadano no se siente correspondido. Todo ello hace percibir a la administración de forma negativa, convertida en un fin en sí misma, enrocada en su propia estructura para que nadie pueda reclamarla posibles responsabilidades subsidiarias, situación consentida por una sociedad incapaz de organizarse, en el que el individualismo ha desterrado muchos de los valores sociales.

Quienes viven en los Centros Históricos, tienen que asumir las

presiones y limitaciones que su entorno conlleva, situación que debería verse compensada mediante medidas positivas, hacia los ciudadanos que allí viven, promovidas desde las Administraciones, permitiendo y potenciando la revitalización y reutilización de los Centros Históricos, evitando dos situaciones profundamente negativas, la musealización y la permisividad pasiva que transforma, desvirtúa y hace perder los valores que los hacen objeto de conservación, pero sobre todo evitando su abandono y/o desfiguración.

Todo en la vida es caduco y perecedero, los Monumentos se crean, tienen su momento de esplendor, envejecen, enferman y mueren; las ciudades se transforman, evolucionan y cualquier intervención que en ellas se realice modifica el espacio, como lo modifica el tiempo, la luz, los sonidos, olores y otros múltiples factores. Pero esto es inevitable dado que la ciudad es un espacio colectivo de una sociedad donde, además de ofrecernos visiones estéticas y formales, vive gente y se producen hechos culturales, sociales y humanos que, a su vez, deben quedar reflejados, recogidos en la memoria.

Con frecuencia se protegen cuidadosamente los Monumentos o los conjuntos históricos, pero no se cuida de su entorno, sus accesos,...sin comprender que, como el aire que respiramos es imprescindible para la vida del individuo, también los Monumentos o conjuntos históricos, necesitan de su ambiente propicio y del adecuado medio de vida para subsistir. Una ciudad que descuida su imagen es una ciudad que se respeta poco a sí misma; el abandono y posterior deterioro de los inmuebles, parques o jardines, las intervenciones inadecuadas, ciertos rótulos publicitarios, el uso de materiales y colores impropios, contribuyen a restarle el valor que aún conserva. Los propios ciudadanos muestran su desagrado con esta imagen que ofrece su ciudad pero sin asumir su propia responsabilidad. *"El deterioro o la pérdida de patrimonio debe considerarse como un empobrecimiento colectivo"*. (Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Natural y Cultural de la UNESCO [9]).

Uno de los ejemplos más lamentables está en la permisividad activa o pasiva en el cierre aleatorio de terrazas y balcones, que transforman nuestra arquitectura de diseño, a veces humilde pero coherente, en chabolismo vertical.

Los edificios que conforman nuestros Centros Históricos, por la evolución inevitable, el transcurrir del tiempo y los efectos de cambios económicos y culturales, han sido reemplazados parcial o totalmente; la nueva ciudad construida sobre la anterior o conviviendo con ella, se nos presenta con la suficiente belleza y calidad como para constituir un legado digno de aprecio por las generaciones venideras.

*"Hay que cuidarse de decirles que a veces ciudades diversas se suceden sobre el mismo suelo y bajo el mismo nombre, nacen y mueren sin haberse conocido, incomunicables entre sí. En ocasiones hasta los nombres de los habitantes permanecen iguales, y el acento de las voces, e incluso las facciones; pero los dioses que habitaban bajo los nombres y en los lugares se han ido sin decir nada y en su sitio han anidado dioses extranjeros. Es inútil preguntarse si éstos son mejores o peores que los antiguos, dado que no existe entre ellos ninguna*

*relación, así como las viejas postales no representan a Maurilia como era, sino a otra ciudad que por casualidad se llamaba Maurilia como ésta"* (Italo Calvino). [3]

Pero no basta con conservar el patrimonio que anteriores "Maurilia" nos han dejado; una generación que se limite a preservar el legado que ha recibido sin enriquecerlo con nuevas aportaciones dignas de aprecio, lejos de preservar el patrimonio recibido lo estará empobreciendo.

El planeamiento urbanístico es, hoy en día, la mejor herramienta para la realización de un orden concreto de convivencia presidido por valores constitucionales, como los recogidos en los artículos 45 - derecho al medio ambiente adecuado-, 46 - protección del patrimonio cultural colectivo- y 47- derecho a la vivienda digna y adecuada.

Resultado de las trabas administrativas y la falta de concienciación de la ciudadanía, de la que se ha prescindido en el diseño de la gestión de los centros históricos, junto a otros múltiples problemas, han conducido a su abandono y posterior deterioro, complicando la capacidad de respuesta que los Centros Históricos precisan.

Varios son los factores que para la gestión de los Centros Históricos deben acometerse, con simultaneidad para beneficiarse de sus sinergias, la concienciación, el conocimiento exhaustivo de los bienes que hay que proteger, fijando para cada uno de ellos objetivos, criterios y límites de acción. *"Identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio situado en su territorio"* (Art. 4 Convención de la UNESCO [9] para la protección del Patrimonio Mundial, Natural y Cultural), y la elaboración de programas que permitan concretarse en proyectos.

Para la identificación de los bienes la herramienta a utilizar es la catalogación, consistente en la enumeración de los elementos a proteger en una lista a la que se acompaña la descripción individualizada de cada uno, plasmando en una ficha sus aspectos más significativos, con el objetivo de constituir un instrumento que sirva para garantizar el seguimiento y la tutela de las futuras intervenciones por parte de los organismos que tengan encomendada esta responsabilidad.

La inclusión de un edificio en régimen de catalogación supone entre otros aspectos:

- ♦ La declaración de utilidad pública, que posibilita la protección mediante la expropiación del inmueble cuando exista peligro de destrucción, deterioro o uso incompatible con sus valores:

*"Los bienes integrantes del Patrimonio Histórico Español deberán ser conservados, mantenidos y custodiados por sus propietarios,...La utilización de los bienes...quedará subordinada a que no se pongan en peligro los valores que aconsejan su conservación...Cuando los propietarios...no ejecuten las actuaciones exigidas ... la Administración competente previo requerimiento a los interesados, podrán ordenar su ejecución subsidiaria...El incumplimiento de las obligaciones establecidas en el presente artículo será causa de interés social para la expropiación forzosa de los bienes*

declarados...". (Art. 36- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español).

- ♦ El compromiso de su conservación y mantenimiento.

La Catalogación refuerza las garantías legales de las medidas que están al alcance de la competencia municipal en evitación de la posible destrucción de los edificios, señalando niveles de protección: integral, estructural, ambiental, y de fachadas.

#### 4. CONCLUSIONES

La rehabilitación de edificios, actividad encaminada a la revitalización del parque inmobiliario, está ampliamente regulada, aunque necesita una mayor precisión en su definición, para evitar los aspectos especulativos que el Código Técnico de la Edificación ha incorporado en la misma y, si estuviese acompañada de líneas crediticias y una adecuada fiscalidad, no la existente, sería una de las principales actividades económicas, en y para la regeneración de nuestros Centros Históricos (CHs), siempre y cuando las exigencias del Código Técnico de la Edificación queden realmente mitigadas, en función de los niveles de protección que los catálogos les hayan asignado, superando el integrismo que técnicos, funcionarios y políticos le asignan.

Mucho queda por hacer, pero también se está haciendo mucho, quizás falte un modelo que unifique y aproveche esfuerzos, especialmente eliminando la superposición competencial de las distintas administraciones.

La gestión de nuestros Centros Históricos debe ser enfocada como una actividad en la que los valores culturales deben prevalecer sobre los económicos, ello no quiere decir que algunas de las actividades o proyectos que sobre ellos puedan realizarse no sean capaces de generar beneficios, sino que, hay que ser conscientes de que otros, no lo harán nunca, al menos directamente, pero que, pese a ello, es preciso sean realizados.

Por ello no sería justo exigir que sea la Administración, sobre todo la municipal, la que deba realizar los proyectos no rentables y los rentables queden en manos privadas, como tampoco lo es el exigir a los particulares correr con los gastos de los proyectos no rentables sin que obtengan contraprestaciones suficientes, incluso generosas, o que la Administración no pueda beneficiarse de los proyectos rentables.

No obstante, resulta evidente y preocupante que la gestión que se hace, desde algunos Ayuntamientos, pueda quedar limitada a la regulación de las obras que los propietarios de los inmuebles promuevan en los CHs; y eso dista mucho de la definición que dimos de "gestionar" como dirigir u organizar un proyecto, una empresa, etc.; y dista aún más de la deseada "gestión integrada", mediante la que se obtendría una visión clara de todos los aspectos de la organización, de sus interrelaciones y de los riesgos relacionados, facilitando la adopción de sistemas en el futuro. Los Centros históricos presentan una visión holística que debe ser acometida como tal, sin ignorar ninguno de sus aspectos.

Los nuevos perfiles profesionales, como el "property", "facility" o el "project" management, o lo que es lo mismo "gestor de activos inmobiliarios", "gestor del mantenimiento" o "gestor de proyectos" (no olvidemos que uno de los elementos más importantes de nuestro patrimonio es el idioma), por su esquema economicista, aun teniendo cabida en la gestión de nuestros Centros Históricos, provoca alguna prevención al respecto; por ello, al igual que surgió el "gestor cultural" como profesional que, desde una óptica sociocultural, promueve, incentiva, diseña y realiza proyectos culturales, se precisa de una nueva figura, la del "gestor del patrimonio construido", que partiendo de un técnico del ámbito de la arquitectura conozca y sea sensible a los valores culturales y tenga una alta cualificación en el mantenimiento de los edificios, sus entornos e infraestructuras (preventivo, correctivo, predictivo o conductivo), lo que le permitirá diseñar, dirigir y coordinar programas, al frente de unos equipos interdisciplinarios que planteen una visión integral de los Centros Históricos, revitalizándolos, sin perder sus señas de identidad, manteniéndolos en el mercado inmobiliario y haciéndolos atractivos tanto para sus habitantes como para sus visitantes, garantizando su seguridad mediante la elaboración de los oportunos planes de emergencia, integrando criterios de eficiencia energética y sabiendo adaptar las prestaciones que la sociedad de hoy en día reclama.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Corral Salvador, C., 2007. *Confesiones religiosas y Estado español – Régimen jurídico*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 277 - 278.
- [2] Hodder, I., 1994. "The contextual analysis of symbolic meaning", en Pearce, S. M., (1994): *Interpreting Objects and Collections*. Londres: Psychology Press.
- [3] Italo Calvino. *Las Ciudades Invisibles*. Editorial Giulio Einaudi. Italia. 1972.
- [4] Moliner. M., 2007. *Diccionario de uso del español*. Madrid: Editorial Gredos S.A.U (Licencia editorial para Círculo de Lectores), 2v. Tomo I (a-i), 1455.
- [5] Pérez Martín, J. L. J. "Teorías y criterios". En apuntes del Curso Master MAGE, de la Escuela Técnica Superior de Edificación de la UPM, curso 2015-2016, en la disciplina de "Gestión del Patrimonio Edificado".
- [6] Pérez Martín, J. L. J. *Restauración y Rehabilitación (Tomo I)*. Fundación Escuela de la Edificación. 2017 (aceptado para impresión).
- [7] Real Academia Española, 1992-1994. *Diccionario de la Lengua Española*. Vigésimo primera edición. Madrid: Espasa Calpe, 2v. Tomo I (a-g), 1038.
- [8] Real Academia Española, 2014. *Diccionario de la Lengua Española*. Vigésimo tercera edición. Madrid: Espasa Calpe, 2v.
- [9] UNESCO, 1972. *Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural*.

#### WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.

# BIM methodology in Building Engineering degree: workshop in Graphical Expression of Technologies subject

## Metodología BIM en el grado de edificación: modelo de taller en la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías

### ENRIQUE NIETO

Graphic Expression and Building Engineering Department. Higher Technical School of Building Engineering. University of Seville. Spain. [jenieto@us.es](mailto:jenieto@us.es)

### FERNANDO RICO

Graphic Expression and Building Engineering Department. Higher Technical School of Building Engineering. University of Seville. Spain. [fricodel@us.es](mailto:fricodel@us.es)

### DANIEL ANTÓN

Graphic Expression and Building Engineering Department. Higher Technical School of Building Engineering. University of Seville. Spain. [danton@us.es](mailto:danton@us.es)

### JUAN JOSÉ MOYANO

Graphic Expression and Building Engineering Department. Higher Technical School of Building Engineering. University of Seville. Spain. [jmoyano@us.es](mailto:jmoyano@us.es)

- ◊ The implementation of BIM technology in the AECO sector is necessary and urgent.
- ◊ The difficulty of implementing BIM in the students' curriculum is due, in part, to the obsolescence of the plans.
- ◊ The incorporation of BIM must be implemented from the first course, as a start to a progressive forma-

The concept of BIM implies a radical change in the way of facing the architectural design and the life cycle process of the projects and the buildings. It is an efficient and open system of communication and cooperation between the different operators involved in the construction process and, therefore, it becomes in a suitable tool for its implementation in the Technical Schools of Engineering and Architecture. This paper defends the recognition of the BIM methodology as a collaborative and coordinated instrument for its application in the university teaching in degrees of this field of knowledge, so that the flow of interdisciplinary information is efficient. The experience of the implementation of this methodology in the Degree in Building is described. It is based on a workshop-integrator model in the subject called Graphic Expression of Technologies. Subsequently, educational enquiries derived from the innovation developed are collected, showing its benefits for the student body as regards learning, and also the limitations found. In conclusion, the outcomes obtained lead to continue supporting this technological integration. Finally, a series of recommendations for its improvement are provided, concerning the way to guide the students throughout the experience, and also related to the teaching organisation through the curriculum.

*BIM Methodology, Interdisciplinary Integration, Collaborative Work, Innovation in Teaching*

- ◊ La implantación de la tecnología BIM en el sector AECO es necesaria y urgente.
- ◊ La obsolescencia de los planes de estudio influye en la dificultad de la implantación del BIM en el curriculum formativo.
- ◊ La incorporación del modelado de información del edificio debe ser implantada desde el primer curso y de modo progresivo.

El concepto de BIM implica un cambio radical en la manera de afrontar el diseño arquitectónico y el proceso de ciclo de vida de los proyectos y de los edificios. Se trata de un sistema eficiente y abierto de comunicación y cooperación entre los distintos operadores que intervienen en el proceso constructivo y, por tanto, resulta ser una herramienta idónea para su implantación en las Escuelas Técnicas de Ingeniería y Arquitectura. Este artículo defiende el reconocimiento de la metodología BIM como instrumento de trabajo colaborativo y coordinado para su aplicación en la docencia universitaria en titulaciones de esta rama de conocimiento, a fin de que el flujo de información interdisciplinar sea eficiente. Se describe la experiencia de la implantación de esta metodología en el Grado de Edificación, a través de un modelo de taller-integrador en la asignatura de Expresión Gráfica de Tecnologías. Posteriormente, se recogen averiguaciones docentes derivadas de la innovación desarrollada, mostrando sus beneficios para el estudiantado a nivel de aprendizaje y las limitaciones halladas. Con todo, los resultados obtenidos llevan a seguir apostando por esta integración tecnológica. Finalmente, para la mejora de esta innovación, se aportan una serie de recomendaciones en lo relativo a la manera de guiar al alumnado en la experiencia y relacionadas con la organización de las enseñanzas a través de sus planes de estudios.

*Metodología BIM, Integración interdisciplinar, Trabajo Colaborativo, Innovación Docente*

## 1. INTRODUCCIÓN

La actual coyuntura en que se encuentra España, con la necesaria y urgente implantación de la tecnología BIM en el sector AECO, ya iniciada en países de nuestro entorno,

como Reino Unido, exige a todos los agentes educativos a asumir el compromiso de incorporar de inmediato esta metodología en los planes de estudios de los Grados Universitarios de Arquitectura e Ingeniería en sus diferentes especialidades.

La misión de las recientes Comisiones Nacionales para la implantación del BIM (Alemania, Francia, España, etc.), está última apelada es BIM, es involucrar a todos los operadores, sean administraciones, ingenierías, constructoras, profesionales y universidades. Otras iniciativas europeas a una escala más global, como es EU BIM Task Group, persiguen fomentar 'la construcción digital' en obras públicas con el uso común de la tecnología BIM, con el objetivo de optimizar la relación calidad-precio público, la calidad de la hacienda pública y la competitividad sostenible de la industria.

Frente a esta inercia emergente de las nuevas tecnologías de modelado con información alfa-numérica, las escuelas técnicas deben promover la revisión de sus planes de estudios. Esta modificación que afecta a áreas departamentales muy distintas, es necesaria, si se quiere un aprendizaje transversal de los contenidos de los títulos de grado. Además, supone un reciclaje continuo del profesorado y un proceso pedagógico en constante comunicación con el ámbito profesional.

## 2. EL MODELADO DE INFORMACIÓN DEL EDIFICIO O BIM

El concepto de Modelado de Información del Edificio o BIM (*Building Information Modeling*), implica un cambio radical en la manera de afrontar el diseño arquitectónico y el proceso de ciclo de vida del proyecto y del edificio. El hecho de que surja un sistema abierto de comunicación y cooperación entre los distintos operadores del proceso constructivo e ingenieril hace que el BIM se encuentre entre las áreas más destacadas en la comunidad científica [1]. Desde el sector de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Organización (AECO) se asume como una nueva oportunidad y un reto al exigir la dedicación de importantes recursos tanto técnicos como económicos del equipo humano. De hecho, en la actualidad el término BIM sobrepasa conceptos de sistemas o

de tecnologías para acercarse a una nueva concepción de metodología eficiente y colaborativa, incorporando información geométrica (3D), de unidades de tiempo (4D), de costes (5D), sostenibilidad (6D) y de mantenimiento (7D) y a diferentes niveles de detalles [2]. En las Escuelas Técnicas de Ingeniería y Arquitectura, este avance no debe ser óbice y se tiene que hacer un esfuerzo por implantar sistemas que reconozcan las plataformas BIM como verdaderos instrumentos de trabajo cooperativo entre las diferentes áreas del sector AECO: Técnicas de Construcción, Sistemas de Instalaciones, Análisis Estructural, Análisis Energético, Programación y Organización de Obras [3], [4], [5]. Desde el Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla, en el año 2009 se inició un ambicioso programa de cursos de formación en las últimas tecnologías de diseño CAD con el objetivo de realizar una línea específica de modelado de la construcción, empleando herramientas avanzadas (software) que incorporaran el concepto de Edificio Virtual de Información o BIM. Esto ha derivado actualmente en una oferta de formación completa especializada en Metodología Open BIM, que derivará en un título propio de Máster (Fig. 1).

Cada vez está más asumida la importancia de trabajar coordinadamente para que el flujo de información interdisciplinar en nuestro sector sea eficiente. Los que hemos denominado en la década pasada *última tecnología* para la representación y gestión de la construcción, entre los que se encuentran profesionales y docentes, ahora la percibimos como un sistema metodológico innovador muy válido para mejorar la educación en el área de la edificación [6], [7].

La actual fase en la que se encuentran las empresas y organizaciones del sector AECO de todos los países europeos es la de adaptación a las nuevas necesidades de una sociedad globalizada, de mejorar los sistemas de producción, la gestión y el mantenimiento de la edificación.

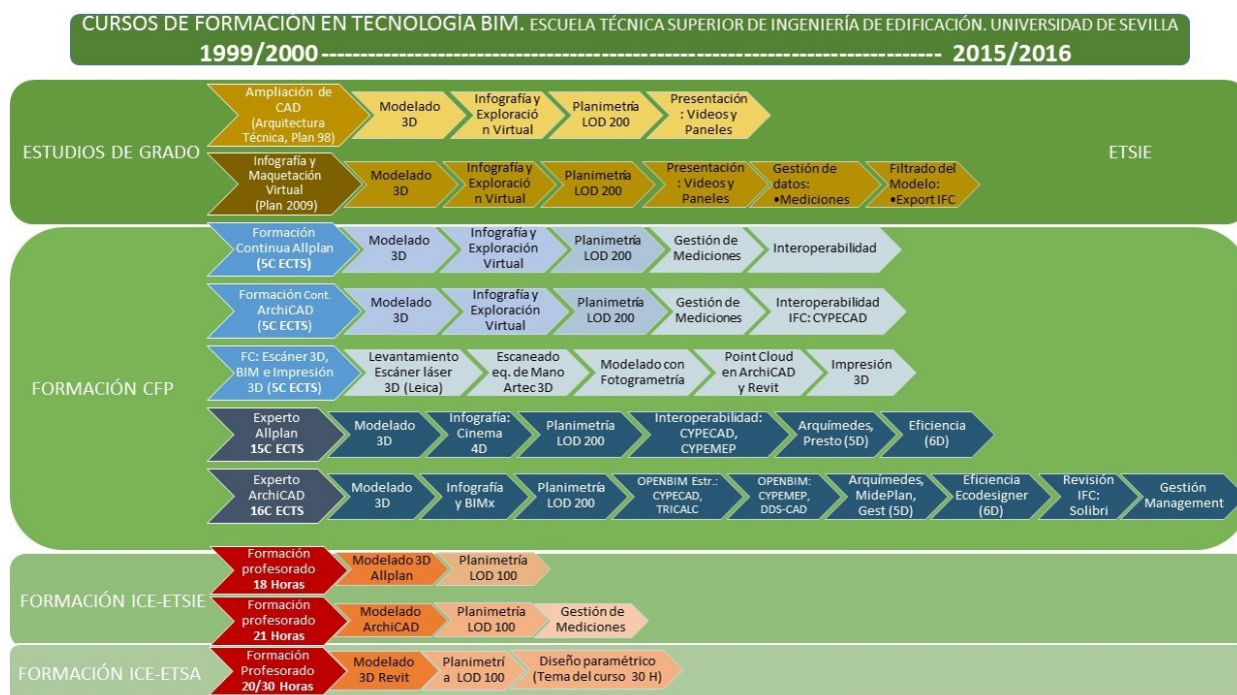


Figura 1: Cursos de formación en Tecnología BIM en ETSIE y CFP de la Universidad de Sevilla. Inicio curso 1999/2000 (Plan 1998) hasta el curso 2015/2016

En este sentido, la universidad y los centros de enseñanza superior deben adaptarse a una nueva formación. Los contenidos de los planes de estudios tienen que adecuarse a las demandas de la sociedad y sustentados en sistemas con un valor activo. De este modo evitaremos que volvamos a repetir errores pasados causados, más que por una carencia en conocimientos teóricos, por la falta de una metodología colaborativa y coordinada que emplee medios tecnológicos eficaces que mejoren la productividad.

El nivel de Implantación de BIM en España sigue siendo muy escaso, motivado principalmente por la crisis económica, que ha dado de lleno en el sector de la construcción. En países como Estados Unidos, Australia y la franja del norte de Europa ya están establecidas estrategias nacionales de implantación de BIM. Y en Reino Unido, a partir del pasado

enero del 2016, lo que se inició como una iniciativa gubernamental para el uso del BIM en las obras gestionadas por las administraciones públicas, ha acabado como un reto asumido por todas las empresas, públicas y privadas, del sector. En España, en el año 2015, se constituyó la comisión para la implantación de la metodología BIM. El Ministerio de Fomento asume el liderazgo de esta estrategia, para la que quiere contar con el apoyo de todos los agentes públicos y privados, entre los que se debe encontrar el mundo académico (Universidades y Centros de Estudios Superiores) para que la implantación sea real y efectiva. Es importante destacar en esta estrategia, entre otros objetivos, el *aumentar la productividad del sector de la construcción y reducir los costes de las infraestructuras a lo largo de todo el ciclo de vida* (Tabla 1).

Impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española.
Fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de las infraestructuras.
Sensibilizar a las Administraciones Públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras con el objetivo de reducir sus costes.
Establecer un calendario para la adaptación de la normativa para el empleo generalizado de BIM.
Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten el uso homogéneo de BIM.
Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio.
Promover la digitalización de los trabajos derivados del desarrollo de las infraestructuras, desterrando el formato físico, con el consiguiente ahorro económico y medioambiental.
Fomentar la aplicación de "Open BIM", es decir, que todas las operaciones relacionadas con BIM se basen en estándares abiertos y universales, interoperables entre sí.
Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo a través del empleo de la metodología BIM.
Afianzar la participación de España en los foros de decisión internacionales.

Tabla 1: Principales líneas del Decálogo de la Comisión BIM en España

### 3. MODELO DE TALLER-INTEGRADOR EN LA ASIGNATURA

A la espera de que se establezca un nuevo Plan para los Estudios de Grado en Edificación, la asignatura de Expresión Gráfica de Tecnologías ha iniciado en el curso 2015/2016 un

proyecto piloto para que el programa se sustente en una metodología más innovadora empleando las *nuevas tecnologías de Modelado y Gestión de la información*, y cumplir con sus competencias (Tabla 2).

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje	Actividades docentes	Evaluación
E119. Concebir, diseñar, definir, detallar y solucionar técnica y tecnológicamente elementos, procesos y sistemas constructivos. Empleando las nuevas tecnologías de Modelado y Gestión de la información del Edificio o BIM	Definir, elaborar y aplicar las herramientas gráficas avanzadas (software CAD-BIM) para un Modelado Paramétrico de los elementos, necesarias para solucionar técnica y tecnológicamente elementos, procesos y sistemas constructivos	Clases teóricas, clases prácticas y aprendizaje basado en proyectos técnicos, con el desarrollo de las áreas temáticas hasta un nivel de desarrollo /detalle (LOD) 400	Prácticas desarrolladas por los alumnos y Presentación de Trabajos

Tabla 2: Competencias Específicas de la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías, curso 2015/2016. Adaptación a las nuevas directrices para la Acreditación del Grado de Edificación

### 3.1. SIMULACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA FASE DE MODELADO

El BIM es una metodología muy eficaz para la simulación del proceso constructivo y su conocimiento, principalmente para el análisis de un edificio existente [8]. Por ello, constituye una herramienta de visualización y representación fundamental para los alumnos que cursan la asignatura de Expresión Gráfica de Tecnologías del Grado de Edificación.

Basándonos en un edificio cercano de arquitectura sencilla como modelo de estudio y análisis, y apoyándonos en la documentación gráfica aportada del proyecto, el alumno lo modela por fases evolutivas, como una simulación de su construcción, siguiendo las unidades temáticas del programa docente (Tabla 3).

Fase/Práctica I:	Modelo virtual Estructural, conteniendo: losa de cimientos, muro estructural del foso de ascensor, pilares, forjados y escaleras.
Fase/Práctica II:	Cerramientos, particiones de albañilería y huecos/carpinterías.
Fase/Práctica III:	Cubiertas y sistemas de instalaciones.
Fase/Práctica IV:	Finalización del Modelo y gestión de la información (= Innovación).

Tabla 3: Prácticas de la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías, curso 2015/2016

Las principales aplicaciones de modelado arquitectónico que encontramos hoy son AECOsim, Allplan, ArchiCAD y Revit. Cada uno tiene sus ventajas y singularidades, y es difícil escoger con criterio qué software utilizar. Si habláramos de una implantación en nuestra empresa o estudio, se complicaría

aún más. Evidentemente, la mejor solución sería que el alumno experimentara con las cuatro plataformas BIM, pero está claro que no se puede impartir en una asignatura cuatrimestral. Al final, se establece que el alumno emplee sólo una y sea de libre elección, ya que todas son válidas para solucionar las prácticas propuestas. Sin embargo, por operatividad, el profesor del grupo propone el software a usar: Grupo 1-3 emplea ArchiCAD y Revit, Grupo 2 opta por Allplan. Actualmente, son varios los profesores de la asignatura que usan software BIM y, por ello, bien conocedores de las herramientas que integran. Recordemos que en la escuela se inició el empleo de aplicaciones de "CAD avanzado" en el curso 1999/2000 [9]. De este modo, se facilita a los alumnos aplicarlas eficazmente en cada caso y sacarles el máximo rendimiento.

Como el alumno, en cada una de las prácticas, va elaborando detalles constructivos a partir del modelo de información general, resulta más eficaz y productivo que utilice las mismas aplicaciones informáticas BIM. Por lo que, a la vez que se modela virtualmente a un nivel de desarrollo/detalle LOD 200 [10], el alumno se centra en las zonas designadas para elaborar los detalles propuestos en relación con cada área temática, elevando aquí el nivel a LOD 300.

La metodología le facilita al profesor un seguimiento progresivo del modelado desarrollado por cada estudiante (trabajo individual), vinculado a cada fase del proceso virtual-constructivo del edificio. Ello permite que sea evaluado gradualmente a la vez que realiza las prácticas programadas durante el curso. Cuando el alumno llegue a la última práctica habrá finalizado el modelo gráfico tridimensional, siendo el arranque para una clasificación de los elementos integrantes: forjados, pilares, muros, cubierta, carpinterías y revestimientos (Fig. 2).

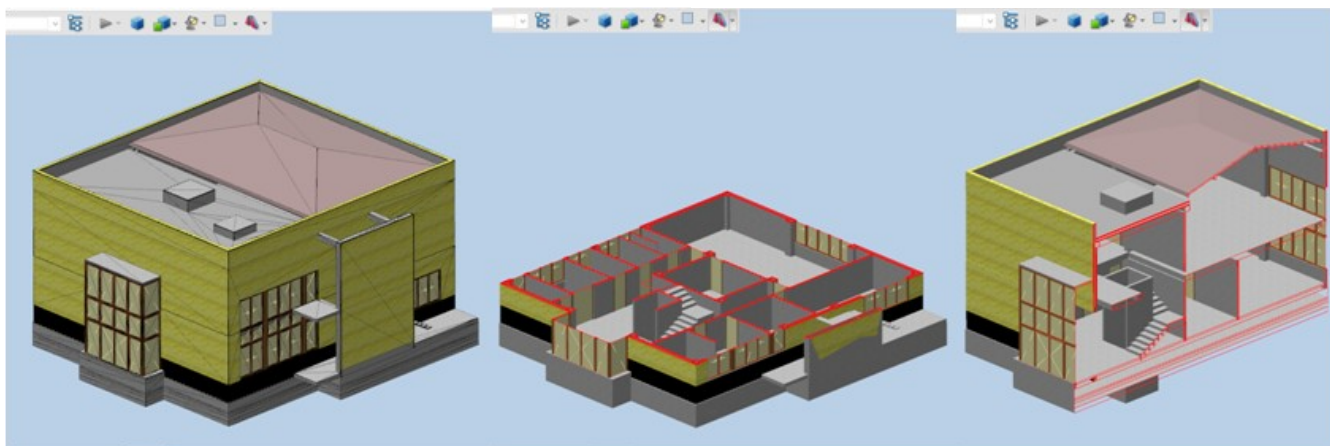


Figura 2: Modelado del edificio, empleando el software BIM Allplan. Explorado en archivo 3D.pdf

### 3.2. PRÁCTICA DE INNOVACIÓN. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL MODELO

El objetivo de cualquier trabajo de investigación es adquirir conocimientos y dar a conocerlos mediante su divulgación y transmisión. En años anteriores, se había propuesto como última práctica de curso un trabajo de investigación, pretendiendo que el alumno adquiriera y reforzara una serie

de capacidades como *la capacidad de trabajar en equipo (Competencia G.07), la capacidad de análisis y síntesis (Competencia G.05), y en la búsqueda, análisis y presentación de los conocimientos adquiridos sobre un tema concreto de índole histórico-arquitectónica, constructiva o tecnológica.* A partir del curso académico 2015-2016 percibimos que era el momento idóneo para sustituir el término de Investigación por uno más acorde con los tiempos, como es el de Innovación.

En esta última fase del proyecto docente buscamos que el alumno pueda consumir el proceso de estudio de los sistemas constructivos empleados en el edificio en base a una representación gráfica-interactiva. La circunstancia de implementar la tecnología BIM en la metodología de la asignatura nos trasfiere un valor añadido a la tradicional grafía de planos acotados y de distribución del hecho constructivo. El alumno percibe de este modo una docencia

acorde con los progresos tecnológicos que le envuelven en su día a día, fundamental para que se vea más conectado y participativo. Finalizada la maqueta, obtienen de manera sencilla y flexible (motivados por revisiones o cambios sustanciales) las vistas de plantas y secciones acotadas del modelo, y los detalles propuestos a LOD 300 para el análisis de sistemas constructivos (Fig. 3, 4, 5 y 6).

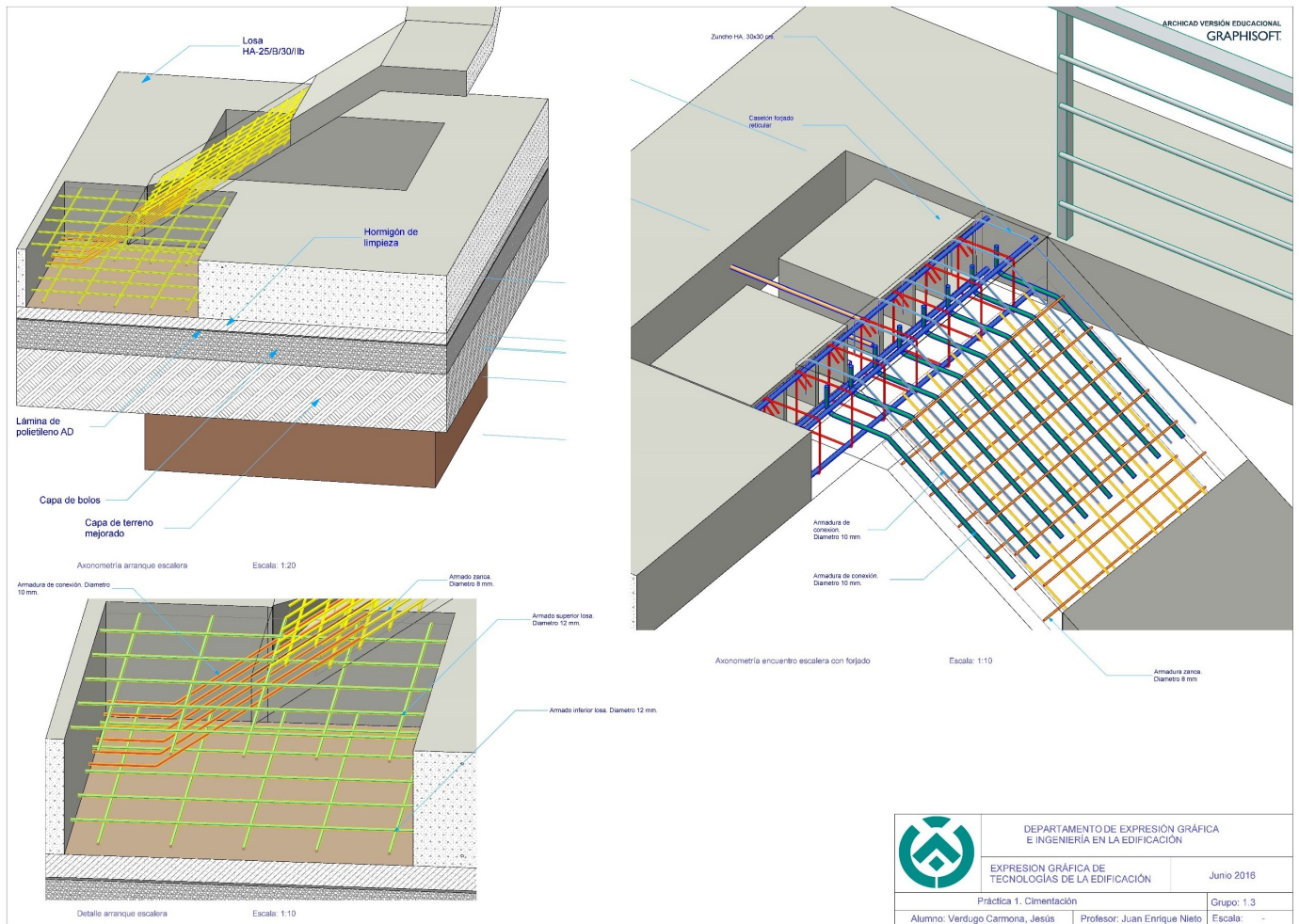


Figura 3: Arranque y desembarco de la escalera, con el análisis del reparto de las armaduras. Detalles Axonómétricos realizados con ArchiCAD 19. Alumno autor: Jesús Verdugo

Concedores del limitado tiempo que dispone el alumno para elaborar una documentación completa, proponemos una distribución equitativa entre todos los grupos de los Listados o

Esquemas de datos del modelo BIM, agrupándolos en categorías (Tabla 4).

- \_\_\_\_\_  
 Listado de volúmenes de hormigón en: losa de cimentación, pilares y forjados.
- \_\_\_\_\_  
 Listado de Superficies (áreas) útiles y construida.
- \_\_\_\_\_  
 Listado de Carpinterías: puertas, ventanas y ventanales.
- \_\_\_\_\_  
 Listado de muros: cerramientos y divisiones interiores.
- \_\_\_\_\_  
 Listado de superficies de los revestimientos de muros y techos

Tabla 4: Listado de datos asociados al modelo BIM representado. Práctica IV de EGTE, 2015/2016

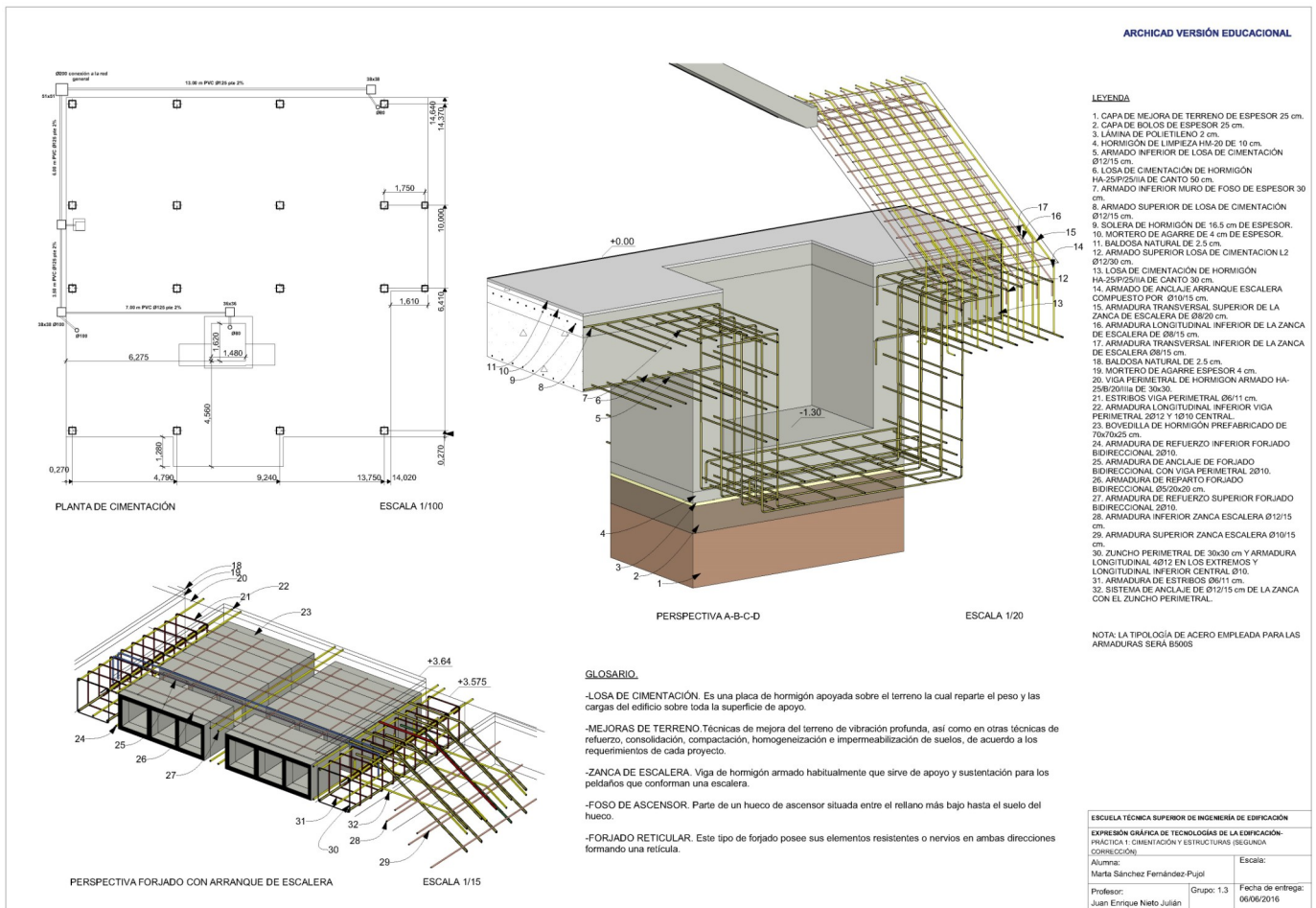


Figura 4: Arranque y desembarco de la zanca de escalera, con disposición de las armaduras. Detalles Axonómétricos realizados con ArchiCAD 19. Alumno autor: Marta Sánchez

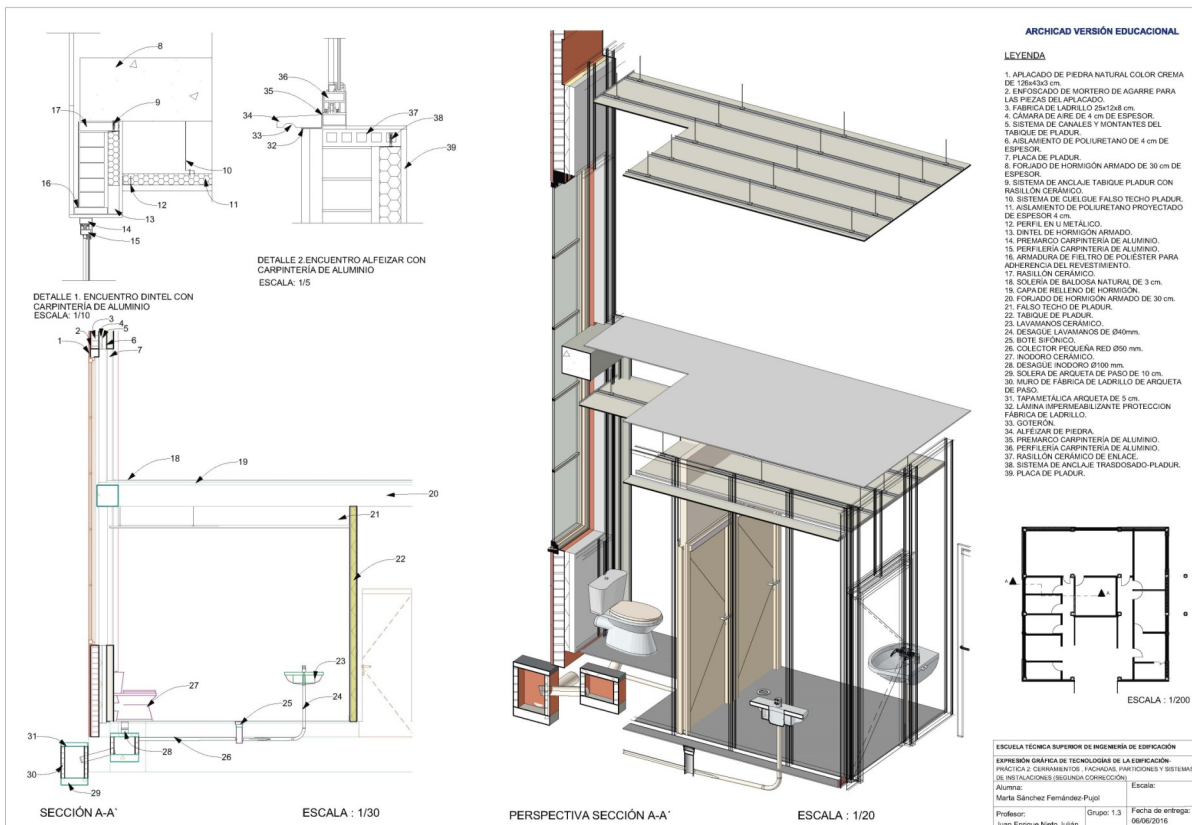
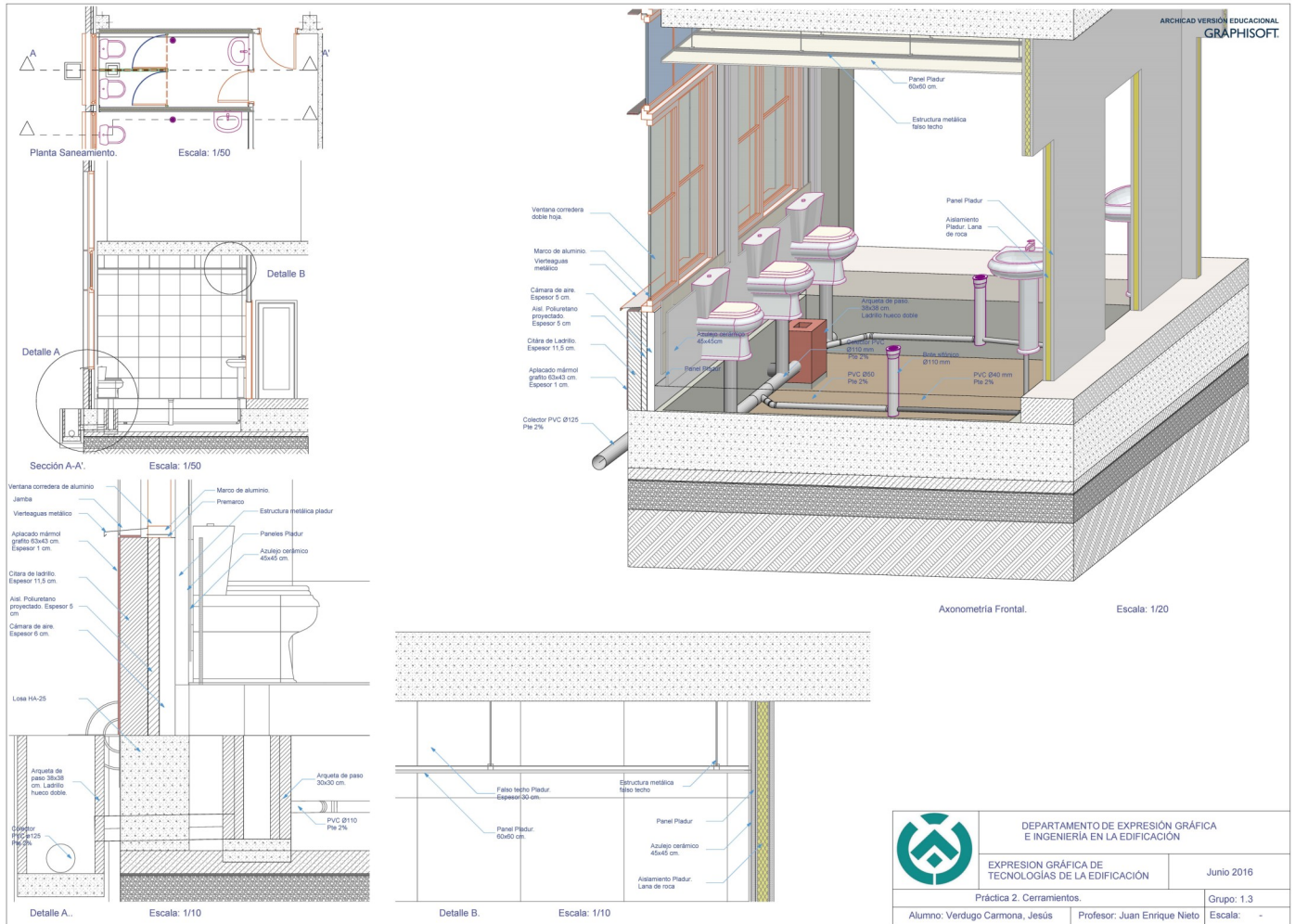


Figura 5: Análisis de sistemas de divisiones, falsos techos e Instalaciones en la zona de aseos. Detalles Axonómétricos realizados con ArchiCAD 19. Alumno autor: Marta Sánchez



	DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA E INGENIERÍA EN LA EDIFICACIÓN	
	EXPRESIÓN GRÁFICA DE TECNOLOGÍAS DE LA EDIFICACIÓN	Junio 2016
Práctica 2. Cerramientos.		Grupo: 1.3
Alumno: Verdugo Camona, Jesús	Profesor: Juan Enrique Nieto	Escala: -

Figura 6: Análisis de sistemas de divisiones, falsos techos e Instalaciones en la zona de aseos. Detalles Axonométricos realizados con ArchiCAD 19. Alumno autor: Jesús Verdugo

### 3.3. DE LA MAQUETA VIRTUAL A LA MAQUETA FÍSICA POR IMPRESIÓN 3D

La expresión gráfica aporta al alumno conocimientos fundamentales para el entendimiento de los sistemas de la construcción. Los continuos avances tecnológicos en el área de la representación, intrínsecamente ligada a la visualización, hacen que la enriquezcan cada día con medios más eficaces para que la transmisión del conocimiento sea completa y plena. La exploración física y táctil del modelo por parte del alumno es esencial para la comprensión de la arquitectura, lo que nos ha llevado a plantear la transformación de la maqueta "virtual" en una maqueta "material" 3D.

El edificio tomado como modelo fue levantado por técnicas de escaneado en una etapa anterior, apoyado en tres posicionamientos circundantes de un equipo escáner láser 3D (ScanStation C10 de Leica). Para mejorar la visualización de texturas y tomar datos aéreos se confeccionó un levantamiento fotogramétrico, empleando una cámara fotográfica (Canon EOS 650D) en el recorrido perimetral, y el vuelo de un dron para captar la geometría de la cubierta.

Estos datos no han sido suministrados a los alumnos inicialmente, disponiendo sólo de las proyecciones métricas fundamentales del edificio para la confección del modelo BIM.

En una nueva etapa, previa a la confección de la maqueta física, la nube de puntos es insertada en el software BIM (ArchiCAD y Revit) para adaptar el modelado paramétrico a la realidad material (Fig. 7). Se demuestra, y no nos sorprende, que la construcción existente se distancia del proyecto de ejecución inicial en sus aspectos dimensionales y soluciones constructivas. La nueva metodología sustentada en la tecnología BIM asume, como unos de sus principales fines, solventar estos problemas al apostar por una construcción eficiente, desde su concepción y diseño, pasando por la fase construcción "As Built", hasta su mantenimiento.

Para la obtención del modelo físico mediante prototipado rápido con proceso de fabricación aditiva, se hace necesario exportar el modelo definitivo a un formato estándar como por ejemplo el STL, que recoge toda la información geométrica del mismo (Fig. 8).

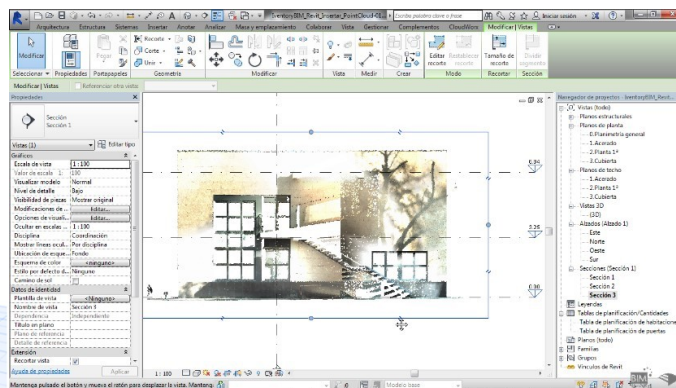
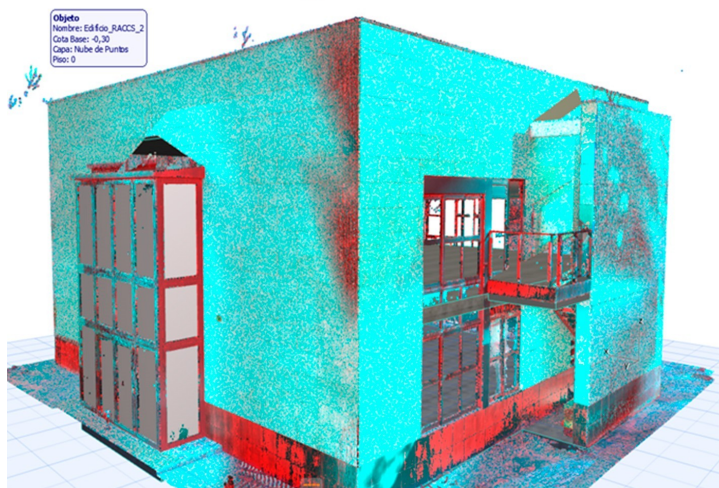


Figura 7: a. Inserción en ArchiCAD de la Nube de puntos procedente del escaneado del edificio. b. Base referencial para un modelado fiel del edificio (Vista Alzado de la N. Puntos en Revit)

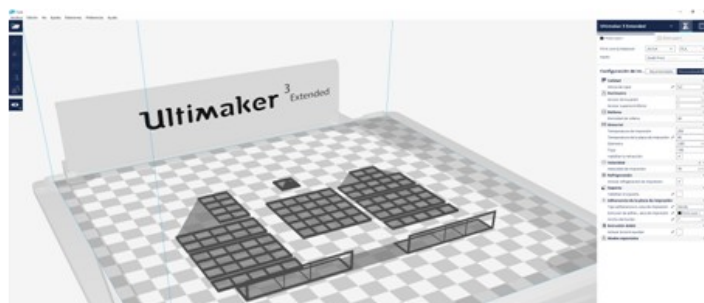
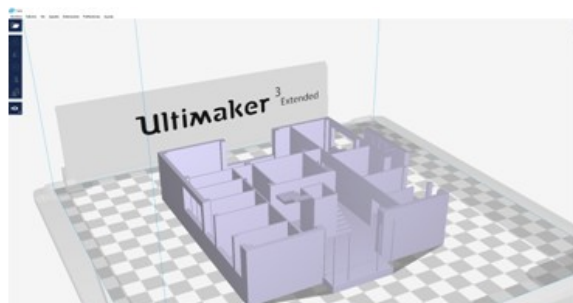


Figura 8: a. STL con escala y resolución de plantas para obtención de archivo GCode en impresión 3D. b. Ídem anterior en carpintería

Debido a las pocas posibilidades de edición posterior de este formato, se plantea el análisis previo y la subdivisión por plantas del modelo completo BIM, así como la separación de elementos y/o capítulos singulares del edificio como plantas y

carpinterías [11], mejorando de este modo los resultados finales en calidad y colores diferenciados para el ensamblaje final (Fig. 9), siguiendo diferentes métodos [12], [13].

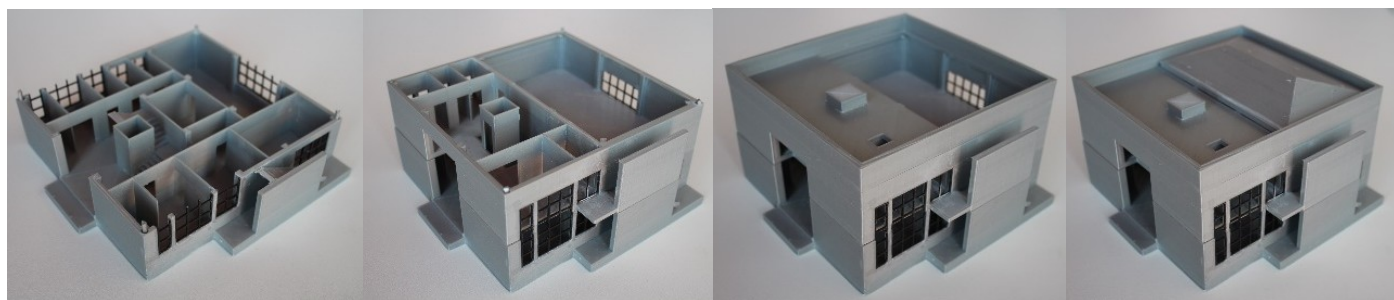


Figura 9: 3D dividida, imprimida por niveles para facilitar el estudio del edificio, y su ensamblaje final

### 3.4. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DOCENTE

En la fase de modelado del edificio, el software BIM facilita al alumno llevar un ordenamiento lógico del proceso constructivo, similar a un levantamiento real del edificio, simulando sus mismas técnicas. En una fase posterior, debe materializar lo construido virtualmente empleando técnicas de impresión 3D. Habría que matizar que un proceso de fabricación lleva implícito otros factores importantes asociados a las propiedades físicas de los materiales empleados en la maqueta impresa y a la técnica de

fabricación digital utilizada [14]. Si nos adentramos en el área de la ingeniería, es habitual que toda idea concebida de diseño termine en piezas totalmente automatizadas [15]. La realización de prototipos 3D añade una nueva dimensión a la percepción, más allá de la visual, en la arquitectura y la construcción de edificios [16].

Por eso, de las cuatro horas presenciales semanales, una hora se dedicará al análisis del edificio, reforzada con otra hora para plasmar la toma de datos por croquis. En el segundo día, se seguiría con la consecución del modelado paramétrico de la parte analizada, manteniendo en paralelo el objetivo

final (trabajo de investigación) de la obtención del modelo virtual completo, con la posibilidad de su impresión 3D.

#### 4. RESULTADOS

La asignatura de EGTE dispone de una carga docente acotada en un cuatrimestre que dificulta la implantación de sistemas BIM, más cuando el alumno se incorpora en el segundo curso del Grado sin apenas haber empleado modelado (3D), sólo con conocimientos básicos de representación vectorial 2D delimitada por el sistema diédrico. Por ello, creemos que los resultados son muy satisfactorios, sobre todo en los grupos tutelados por profesores con formación BIM o con experiencia en proyectos

sustentados en tecnología BIM.

Mostramos a continuación una tabla con los datos de la experiencia realizada en el curso pasado (2015/2016), insertando los ítems fundamentales para evaluar la consecución de objetivos iniciales, y donde se exponen los porcentajes en referencia al número de alumnos por cada grupo analizado de la asignatura EGTE.

Aunque es prematuro aportar datos significativos y contrastados con experiencias en talleres de cursos académicos anteriores, sí hay que destacar que la predisposición y entusiasmo del alumno es total desde el primer momento, jugando un papel dinamizador importante en el proceso de adopción de la metodología BIM.

Grupo	Nº alumnos	Software utilizado	Croquis previo	Modelo completo lod 200	Detalles lod 300	Listado completo de datos asociados
1	24	ArchiCAD	98%	90%	72%	52%
2	28	Allplan	95%	82%	68%	56%
3	26	Revit y ArchiCAD	93%	91%	64%	48%

Tabla 5: de datos asociados al modelo BIM representado. Práctica IV de EGTE, 2015/2016

Esta nueva sistemática basada en BIM proporciona un aprendizaje progresivo, que se traduce en la adquisición de nuevas habilidades. La visualización de los elementos constructivos y su disposición definitiva en el edificio modelado permiten que los estudiantes entiendan, con mayor facilidad, la estructura lógica del proceso edificatorio (Fig. 10). El procedimiento viene a reforzar la grafía tradicional mediante la toma de datos por coquizado, equivalente a un trabajo de campo, consumándose su formación con la finalización de la última práctica de Innovación.

##### 4.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis de los datos aportados en la tabla anterior indica unos resultados que pueden considerarse óptimos en cuanto a la realización de croquis previo, con la obtención de los datos básicos para la realización del modelo. Debe resaltarse aquí, que en estos croquis se ha favorecido la representación mediante tectografía secuencial del proceso de ejecución.

El siguiente dato reseñable ha sido la consecución del modelo completo en la práctica de Innovación con nivel LOD 200, como trabajo en grupo a lo largo del curso, no alcanzándose el cien por cien debido principalmente a abandonos de la asignatura en los diferentes grupos.

En referencia a los porcentajes obtenidos en el nivel de detalles LOD 300, debe aclararse que el factor tiempo ha sido fundamental, y ha destacado la baja formación del alumnado en sistemas de instalaciones, asignatura que no han

cursado un número significativo de alumnos.

Mencionar también que la mayor dificultad observada ha sido la obtención e inclusión en la maquetación del plano de visualizaciones 3D, acompañando a la planimetría obtenida del modelo, con este alto nivel de detalle. Pero al ser una asignatura que se apoya en una formación continua, el alumno ha podido ir solucionando errores y mejorando la calidad de los detalles en posteriores revisiones.

Se le han facilitado entregas sucesivas hasta alcanzar niveles de aprobado, que en muchos casos han sido muy satisfactorios, como puede apreciarse en las láminas expuestas, que muestran las soluciones de las prácticas.

Sólo resaltar que la bajada de porcentajes en este nivel ha estado influida por el descarte de las soluciones constructivas incorrectas aportadas, aunque se sí se han alcanzado los mínimos establecidos en competencias.

La exigencia en correspondencia de los listados de datos asociados con el proyecto real, ha ofrecido el menor porcentaje de logros en la tabla aportada, habiéndose descartado de la misma a aquellos alumnos/as que no han presentado la totalidad de los indicados en la Tabla 4.

Por último, resaltar que la representación analítica de la arquitectura, empleando objetos paramétricos asociados a sus sistemas constructivos, ha facilitado al alumno un mejor entendimiento del edificio para su posterior levantamiento planimétrico.

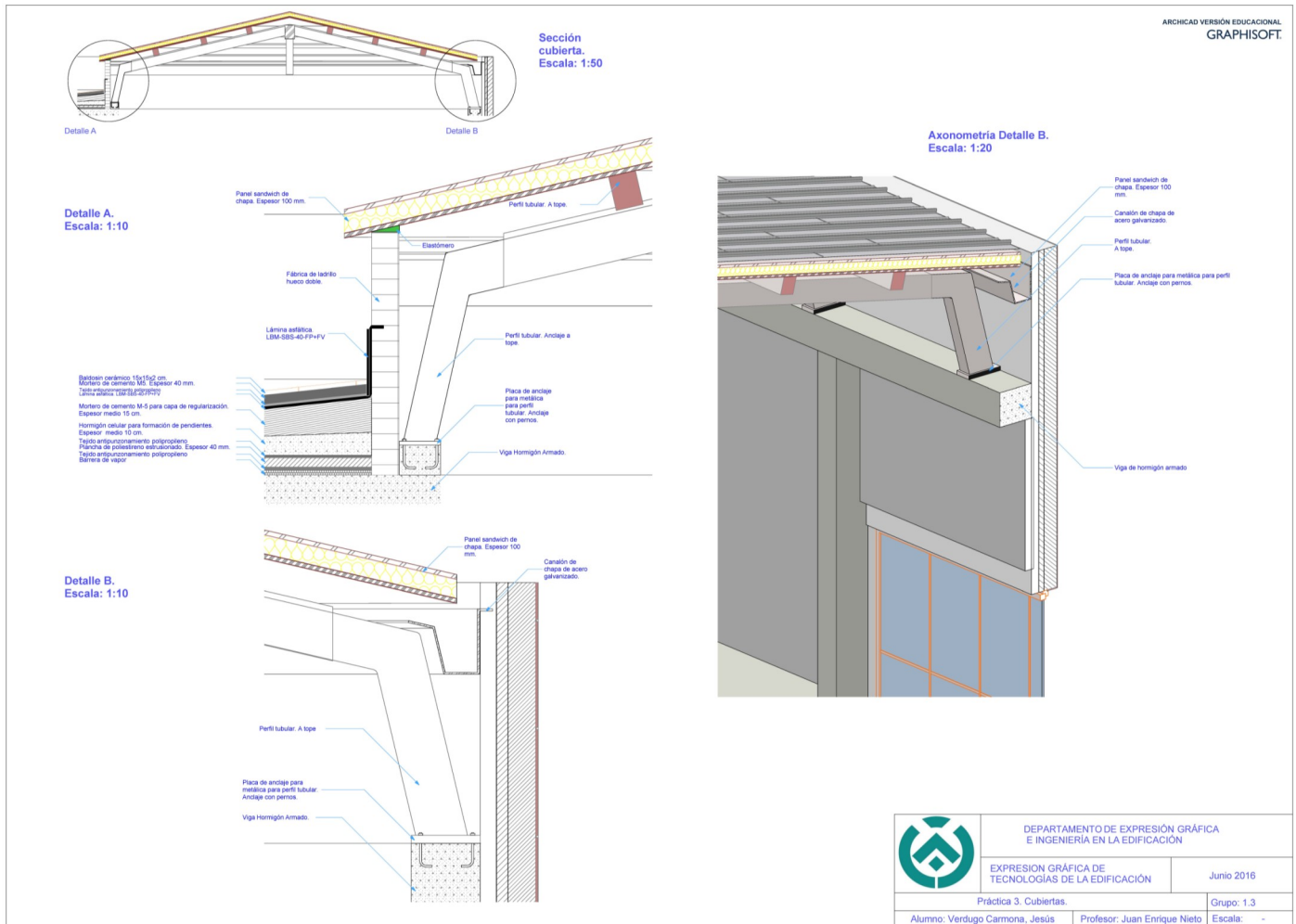


Figura 10: Práctica III de EGTE. Análisis de sistemas de Cubrición. Detalles realizados con ArchiCAD 19. Alumno: Jesús Verdugo

## 5. CONCLUSIONES

Esta Metodología innovadora, lejos de ser un motivo para provocar recelos y rápidos abandonos de los alumnos, incorpora sistemas vanguardistas que la sociedad requiere. El alumno percibe una docencia acorde con los avances tecnológicos que le envuelven en su día a día, y esto hace que se vea más conectado y participativo.

Los sistemas de delineación por CAD nos han proporcionado durante varias décadas una representación precisa de la geometría del sistema constructivo, derivada de una idea inicial que el arquitecto o ingeniero había plasmado en un boceto previo. Ahora, con el modelo 3D paramétrico el alumno analiza y entiende mejor lo que visualiza, no siendo necesario acudir a una planimetría por proyecciones diédricas (2D). En un primer estado, el alumno, a un nivel de LOD200, asimila la configuración del edificio (como contenedor), para después, en un posterior estado poder analizar el sistema estructural/constructivo por aproximación a un LOD 300 (contenido tecnológico).

A partir de este momento es cuando el Modelo del Edificio está listo para incorporar la "I" del término BIM (de

Información). El alumno debe realizar ahora la gestión de los datos asociados al edificio modelo para la correcta categorización de elementos y la obtención de listados de datos. Para ello, es necesario que previamente realice una identificación lógica y ordenada de las piezas representadas e integrantes en el modelo.

Con los resultados cosechados, nuestras pretensiones son continuar con la experiencia adquirida y reforzarla para el siguiente curso 2016-2017, proponiendo un nuevo modelo de edificio algo más ambicioso. Como ya se ha comentado, a pesar de que se ha comprobado que dadas las restricciones temporales de un cuatrimestre y que el alumno no muestra conocimientos básicos en el empleo de sistemas BIM, se hace necesario el desarrollo, desde el comienzo y en paralelo a la toma de datos con croquis a "mano alzada", de una práctica de modelado BIM mediante trabajos en grupo (trabajo de innovación). En ella no se debería sobrepasar el nivel de detalle/desarrollo LOD 200, y debería abarcar un volumen conceptual del edificio, principalmente en su aspecto estructural y constructivo, con una definición únicamente de materiales envolventes que permita la visualización del contenedor, sea por un motor de renderizado o mediante exploración interactiva (estudios de soleamiento, recorridos virtuales o BIMx).

La incorporación en el proyecto docente de un modelado por etapas, asociado a una simulación progresiva de la construcción del edificio, hace que delimitemos las zonas a representar en un LOD 300, pero concienciando al alumno que desarrollar los detalles con software de modelado BIM es factible y ventajoso para su mejor entendimiento, así como por su eficacia en posteriores fases. Una vez obtenido el modelo arquitectónico, el alumno podrá proporcionar los archivos IFC de intercambio estándar entre plataformas.

Además, para consumir el curso, el alumno podrá visualizar su modelo en una maqueta física. Estarán a su disposición las impresoras 3D del Departamento de Expresión Gráfica para imprimir sus modelos virtuales, mejorando la comprensión de la arquitectura analizada.

No obstante, la implantación de estos sistemas especializados en el programa docente de la asignatura (EGTE) conlleva varios inconvenientes, motivados principalmente por una estructura de Plan de Estudios desfasada. Para cumplir con las competencias específicas en el programa docente, los alumnos deben realizar un esfuerzo extra para su superación, pues carecen de una formación básica y previa en el manejo del software BIM. La reestructuración del programa docente de la asignatura de EGTE debe hacerse contigua a un análisis profundo del actual Plan de Estudios, un tema candente actualmente por la dificultad que implica coordinar las diferentes áreas involucradas en el Grado de Edificación.

En un nuevo Plan de Estudios bien estructurado, en base a una metodología colaborativa, la incorporación del modelado de información del edificio debe ser implantada desde el primer curso, como inicio a una formación progresiva. La reubicación de la asignatura de Expresión Gráfica en un nivel superior del Grado, tercer o cuarto curso, donde el alumno ya es conocedor de las herramientas básicas para un modelado paramétrico, le permitiría implementar en el modelo todos los conocimientos adquiridos en las áreas específicas (estructuras, construcción, seguridad e instalaciones). Se trataría de un modelo abierto y exportable preparado para ser atendido de forma interdisciplinar, donde poder introducir información asociada al análisis estructural, el control de costes, la eficiencia energética y la gestión y el mantenimiento del edificio.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Singh, V., Gu N., Wang X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform, *Automation in Construction*, vol. 20, pp. 134-144, 2011.
- [2] Leite, F., Akcamete A., Akinci B., Atasoy G. Kiziltas S. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models, *Automation in Construction*, vol. 20, pp. 601-609, 2011.
- [3] Cos- Gayón López, Fernando. Experiencia de implantación de metodología BIM en Plan de Estudios del Máster Universitario de Edificación de la Universidad politécnica de Valencia. Congreso Internacional BIM/ 5º Encuentro de usuarios BIM. BIM INTERNATIONAL CONFERENCE, pp. 14-22, 2016.
- [4] Latorre, A., Sanz, C., Sánchez, B. Vuidaurre, M., Integración de BIM en Arquitectura y Arquitectura Técnica. Análisis de los órdenes ECI. Congreso Internacional BIM/ 5º Encuentro de usuarios BIM. BIM INTERNATIONAL CONFERENCE, pp. 23-32, 2016.
- [5] Valverde, D., Cañizares, J.M., Márquez, D., Pérez, P.E., Peso Pascual, J. Implementación BIM en la Escuela Politécnica de Cuenca, Experiencia Piloto en Proyectos Técnicos 15-16. Congreso Internacional BIM/ 5º Encuentro de usuarios BIM. BIM INTERNATIONAL CONFERENCE, pp. 34-45, 2016.
- [6] I. Oliver-Faubel, "BIM en el grado de edificación: la experiencia de la escuela técnica superior de edificación de la universidad politécnica de Madrid", *Spanish journal of BIM*, no 16/01, pp. 44-46, 2016.
- [7] J. Vázquez-Rodríguez, "Incorporación de herramientas paramétricas para la generación y análisis del modelo virtual del Edificio en la formación de los estudiantes de Arquitectura", *Spanish journal of BIM*, no 16/01, pp. 22-27, 2016.
- [8] J. E. Nieto Julián, "Implementación de las nuevas técnicas de levantamiento en el sistema BIM (Building Information Modelling)", in XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación (Congreso APEGA), 2014, vol. 12, no. 1, pp. 318-328.
- [9] J. E. Nieto Julián, "Experiencia integradora de la tecnología BIM en la ETSIE de Sevilla", in EUBIM, Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, 2014, pp. 257-269.
- [10] BIM Forum. (2013, August 22). Level Of Development Specification [Online]. Available: <http://bimforum.org/lof/>
- [11] Y. Schwartzburg and M. Pauly, "Fabrication-aware design with intersecting planar pieces," in *Computer Graphics Forum*, 2013, vol. 32, no. 2 Part3, pp. 317-326.
- [12] P. Song, Z. Fu, L. Liu, and C. W. Fu, "Printing 3D objects with interlocking parts," *Comput. Aided Geom. Des.*, vol. 35-36, pp. 137-148, 2015.
- [13] M. Malé-Alemany, "El potencial de la fabricación aditiva en la arquitectura: hacia un nuevo paradigma para el diseño y la construcción," *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)*, 2015.
- [14] F. Rico Delgado, J. E. Nieto Julián, and D. Antón García, "Novel approach to the management of point clouds derived from scanning and photogrammetry for the optimisation of printable 3D formats," in *Drawing, Building, Dreaming. Research on graphic expression applied to building*, 1st ed., F. Felip Miralles, J. Gual Ortí, M. Cabeza González, and C. García-García, Eds. Valencia: Tirant Lo Blanch, 2016, pp. 1051-1065.
- [15] N. Harsha, N. Sukrutha, and S. Nagabhushan, "The Scope of Rapid Prototyping in Civil Engineering," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 4, no. 8, pp. 3506-3508, 2013.
- [16] T. Modeen, "CAD/CAMing: The use of rapid prototyping for the conceptualization and fabrication of architecture", *Automation in Construction*, vol. 14, no 2, pp. 215-224, 2005.

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.

# Certification and adoption of a universal accessibility management system in the built environment: concept and application process

## Certificación y adopción de un sistema de gestión de la accesibilidad universal en el entorno construido: concepto, proceso y aplicación

**NIEVES NAVARRO CANO**

Departamento Construcciones Arquitectónicas y su Control. Escuela Técnica Superior de la Edificación. Universidad Politécnica de Madrid. Avda. Juan Herrera nº 6. 28040 Madrid. [nieves.navarro@upm.es](mailto:nieves.navarro@upm.es)

- ◊ The added value that an organization assumes to possess the universal accessibility certificate is not sufficiently recognized yet.
- ◊ The European Accessibility Act defines the criteria for action and is a great achievement.
- ◊ The "Universal Accessibility Management" is a challenge that must be assumed and incorporated into the curricular training of building technicians as a priority action .

*The concept of universal accessibility is fully recognized in the field of building. However, in rare cases, the added value of an organization, the "Universal Accessibility Certificate" and the implementation of a "Accessibility Management System", as a document that certifies that the built environment and the services of the users are accessible to all. The objective of this article is to define the concept and to know the parameters involved in the process of "Certification of Accessibility in the Built Environment", as well as the procedure applied for the implementation of an "Accessibility Management System" in the edification. It is an essential tool that guarantees the use by all people of a building or environment, in a safe and autonomous way, including in a special way the people with functional diversity. It implies merging the terms of accessibility and diversity, so that written rights, recognized for people with disabilities, are actually fulfilled, guaranteeing their use in equal conditions and in a dignified manner by all users. It also analyzes the implementation regulations, both nationally and internationally, of application in the different phases of certification and the implementation of accessibility management in building. It is intended to incorporate the Universal Accessibility Certification criterion, which entails the incorporation of an Accessibility Management System, as an innovative and dynamic concept in the built environment, which ensures the inclusion of All people and especially people With different capacities.*

*Accessibility, Inclusion, Accessibility Management, Building, Disability, Certification*

- ◊ Aún no está suficientemente reconocido el valor añadido que para una organización supone poseer el certificado de accesibilidad universal.
- ◊ El Acta Europea de Accesibilidad define los criterios de actuación, siendo un gran logro.
- ◊ La "Gestión de la Accesibilidad Universal" y la Accesibilidad Universal en el ámbito edificatorio, es un reto que se debe asumir e incorporar en la formación curricular de los técnicos en edificación como acción prioritaria .

*El concepto de accesibilidad universal en el ámbito de la edificación está plenamente reconocido, sin embargo, en pocas ocasiones, se conoce y se reconoce el valor añadido que supone para una organización, disponer del "Certificado de Accesibilidad Universal" y la implantación de un "Sistema de Gestión de la Accesibilidad", como documento que garantiza que el entorno construido y los servicios de los usuarios son accesibles para Todos. El objetivo de éste artículo es definir el concepto de "Certificación de Accesibilidad" aplicado a la edificación, conocer los parámetros que intervienen en el proceso, así como el procedimiento aplicado para la "Certificación de la Accesibilidad en el Entorno Construido" y la implantación de un "Sistema de Gestión de la Accesibilidad". Debe constar que se trata de una herramienta esencial para asegurar que el edificio o entorno edificado o rehabilitado reúne las condiciones requeridas para el uso por todas las personas, de modo seguro y autónomo, incluidas de forma especial las personas con diversidad funcional. Implica fusionar los términos de accesibilidad y diversidad, de manera que los derechos reconocidos para las personas con discapacidad, se cumplen en la realidad, garantizando su uso en igualdad de condiciones y de forma digna por todos los usuarios. Del mismo modo se analiza la normativa, tanto de ámbito nacional como internacional, de aplicación en las distintas fases de la certificación y de la implantación del Sistema de la Gestión de la Accesibilidad en la edificación. Se pretende incorporar el criterio de Certificación de la Accesibilidad Universal, que conlleva la incorporación de un Sistema de Gestión de la Accesibilidad, como concepto innovador y dinamizador en el entorno construido, que asegura la inclusión de Todas las personas y de forma especial de las personas con capacidades diferentes.*

*Accesibilidad, Inclusión, Gestión Accesibilidad Edificación, Entorno Construido, Discapacidad, Certificación*

## 1. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO

Se trata de la acción llevada a cabo por una entidad independiente de las partes interesadas, mediante la que se constata que una organización, producto, proceso o servicio, cumple los requisitos definidos en unas normas o especificaciones técnicas. En consecuencia acredita que un entorno construido, reúne las condiciones exigidas de seguridad y usabilidad, permite el acceso y su uso a todas las personas, sean cual sean sus capacidades. Asimismo aporta un valor añadido al integrar un compromiso social de la entidad, que manifiesta su interés de disponer de la certificación, como elemento identificador, que garantiza el cumplimiento de los parámetros de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, en condiciones de seguridad e igualdad, de forma autónoma para todas las personas y en particular para las personas con diversidad funcional.

El "Certificado de Accesibilidad (Accessibility Certificate)" se define como un elemento diferenciador que garantiza el cumplimiento de la normativa de "Accesibilidad y Diseño para Todos" [2], tal y como establece la norma UNE 170001:2007 en lo que corresponde, al cumplimiento de la Norma UNE 170001-1:2007, que recoge los requisitos DALCO para facilitar la accesibilidad del entorno y la UNE 170001-2:2007, en lo que se refiere al Sistema de Gestión de la Accesibilidad. La adopción de esta norma facilita "el acceso a un entorno y recibir los servicios que en él se presten, podrá hacerlo ya que la empresa habrá dotado de accesibilidad de sus entornos y habrá tenido en consideración los procesos de prestación de los servicios de forma que estos puedan llegar a todas las personas".<sup>1</sup>

Se demuestra que disponer de la Certificación de Accesibilidad Universal y la implantación de un Sistema de Gestión de Accesibilidad, genera confianza a los usuarios por el interés de inclusión de todas las personas, que manifiesta y mejora la imagen institucional de la entidad que lo aplica al incorporar los parámetros de usabilidad y seguridad que garantiza su utilización de forma segura.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la recopilación de la información que se aporta se fundamenta principalmente en la evidencia constatada, a través de las aportaciones codificadas en los procedimientos utilizados para la certificación de edificios y entornos accesibles realizados, así como del análisis efectuado en el proceso de un estudio desarrollado en distintos edificios y entornos urbanos, en los que se ha aplicado la norma UNE 170001:2007 para su adaptación a los criterios de Accesibilidad Universal o bien para su Certificación de Accesibilidad, a partir de los cuales se ha generado una muestra del estudio realizado.

El método del estudio desarrollado se basa en los datos reales recopilados obtenidos en las intervenciones realizadas

en distintos edificios y entornos urbanos para su adaptación a los criterios de accesibilidad, donde se comprueba el reconocimiento social de los usuarios al mejorar sus condiciones de accesibilidad.

Del mismo se detecta, a pesar de la existencia de una legislación amplia y avanzada sobre accesibilidad, que existe una necesidad emergente de revisión, con el objetivo de asegurar que el entorno construido cumpla de forma real las garantías de acceso y uso por todas las personas, independientemente de sus capacidades o edad, en igualdad de condiciones, que cualquier otro usuario y garantizando la autonomía de las personas con diversidad funcional. Este análisis se ha realizado a dos niveles: el primero en cuanto a la dispersión de la normativa, comprobando la confusión que genera en el técnico que la debe aplicar y, en otro nivel en muchas ocasiones se percibe su incumplimiento por desconocimiento en su aplicación, en ambos casos ocasiona en el entorno o edificio que se aplica la imposibilidad de su uso por todos los usuarios. Sin embargo, en el caso que se someta al proceso de certificación, edificios que en un principio se consideraba cumplían todos los parámetros de accesibilidad, tanto en lo que se refiere a obra nueva o de rehabilitación, al desarrollar las fases que requiere la certificación, es preciso realizar adaptaciones para garantizar su uso por todas las personas.

## 3. JUSTIFICACIÓN Y NECESIDAD DE APLICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DISEÑO PARA TODOS EN EL ENTORNO CONSTRUIDO. LA DISCAPACIDAD EN CIFRAS

El término de discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales. En consecuencia, la discapacidad refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive.

La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF), aprobada en 2001, adoptada como marco conceptual para el Informe de la OMS, define la discapacidad como un término genérico que engloba deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones para la participación.

La discapacidad señala los aspectos negativos de la interacción entre personas con un problema de salud (como parálisis cerebral, síndrome de Down o depresión) y factores personales y ambientales (como actitudes negativas, transporte y edificios públicos inaccesibles y falta de apoyo social).

Este nuevo concepto supone un gran avance en el ámbito de la accesibilidad y la discapacidad, al relacionar la

<sup>1</sup> [https://www.aenor.es/aenor/certificacion/resp\\_social/accesibilidad\\_universal.asp](https://www.aenor.es/aenor/certificacion/resp_social/accesibilidad_universal.asp) (11 abril 2017) [3]

discapacidad con el entorno ambiental. Es decir, se excluye la discapacidad como término que considera las deficiencias de las personas como un factor que impide la utilización de la ciudad, e incorpora un nuevo concepto, al introducir que la discapacidad surge debido a la falta de "adaptación medioambiental", de los entornos, productos y servicios y recalca que la falta de adaptación es la que ocasiona que personas con otras capacidades, puedan utilizar espacios determinados.

El cambio de criterios y valores es primordial para entender cómo actuar, ya que considera la necesidad de adaptación de los espacios, entornos, elementos, etc., como una responsabilidad social, de forma que permita un uso para todos, conforme recoge la normativa, responsabilizando la falta de adaptación, como factor esencial, que imposibilita su utilización.

Si analizamos las cifras sobre discapacidad a nivel mundial, comprobamos que hay aproximadamente mil millones de personas con discapacidad, lo que supone una prevalencia del 15% de la población. Casi 200 millones a nivel mundial tienen dificultades importantes<sup>2</sup>. La proporción de personas con discapacidad está aumentando debido al envejecimiento de la población y el aumento de enfermedades crónicas. En España hay un total de 3.528.221 personas con alguna discapacidad, lo que supone una global de prevalencia de un 9%. En España en el año 2050, según la OMS, el colectivo de personas con más de 65 años se elevará hasta los 16 millones.

Según estadísticas en 2052, en España el grupo de personas mayores de 64 años aumentarán en 7,2 millones de personas, lo que supondrá un 89%, ocupando un 37% de la población española.

En el futuro, la discapacidad será un motivo de preocupación, pues su prevalencia aumenta debido al envejecimiento de la población, además de suponer un aumento mundial de enfermedades (cardiovasculares, diabetes, cáncer, trastornos salud mental, etc.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2006, para el año 2050 la proporción de personas mayores de 60 años se duplicará, pasando del 11 al 22% del total. En 2006 la población mayor de 60 años era del 11% de la población total, en 2050, por primera vez en la historia de la humanidad, habrá más personas mayores que niños en la población.

Los países en desarrollo envejecen a un ritmo mucho mayor que los países desarrollados. Transcurridas cinco décadas, poco más del 80% de las personas mayores del mundo, vivirán en países en desarrollo, frente al 60% del año 2005.

Esto obliga a aplicar o al menos a considerar que, en el

futuro sea necesario crear políticas y programas innovadores, en la "Gobernanza de las ciudades", que garanticen la plena inclusión de las personas con discapacidad y personas mayores de forma activa en la ciudad.

#### 4. LA CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL. CONCEPTO, OBJETIVOS Y PROCESO APLICACIÓN

La relevancia de la Accesibilidad Universal y el Diseño para Todos como elemento clave que garantiza la igualdad de oportunidades y la no discriminación social de las personas con discapacidad funcional, justifica la certificación de la Accesibilidad Universal, en el ámbito arquitectónico y de gestión, en lo que corresponde al entorno construido como a su uso y disfrute de los servicios.

Para comprender el interés del certificado de accesibilidad debemos conocer el concepto de "Accesibilidad Universal que se define como "La condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos, instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas en condiciones de seguridad y comodidad y de la forma más autónoma y natural posible. Presupone la estrategia de «diseño universal o diseño para todas las personas», y se entiende sin perjuicio de los ajustes razonables que deban adoptarse".<sup>3</sup>

El diccionario de la Real Academia (RAE) define el concepto de usuario como "quien usa ordinariamente algo", en el ámbito de la accesibilidad se define como la "persona que interactúa con el entorno". Es decir, se considera usuario al efecto de la interacción de la persona con el entorno y, en el caso de utilizar elementos de apoyo (ayudas técnicas, perro, otra persona, etc.), al conjunto que forman éstos con ella misma.

En el ámbito de la certificación la accesibilidad, la podemos definir como el grado o nivel en el que cualquier ser humano, más allá de su condición física, sensorial o de sus facultades cognitivas, puede usar una cosa, disfrutar de un servicio o hacer uso de un edificio o entorno.

El término de "Accesibilidad Universal" va unido e íntimamente relacionado con el término "Diseño para Todos", como un factor esencial que garantiza su uso por todas las personas, además de la plena inclusión de las personas con discapacidad. Por otra parte, los avances de los últimos años sobre la aplicación de la accesibilidad, incorporan y acuñan el término de "Accesibilidad Integral", como una condición que se cumple en el entorno construido, servicios, procesos, bienes y productos y que asegura que son "utilizables y practicables" por todos los usuarios de forma segura, autónoma, en condiciones de igualdad y de forma no discriminatoria, haciendo referencia de forma especial a las personas con diversidad funcional.

<sup>2</sup> Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial sobre discapacidad. 2013

<sup>3</sup> Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre por el que aprueba el "Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social"

Se constata que la presencia de la Accesibilidad aumenta la calidad de vida de todos los ciudadanos, no solo de las personas con discapacidad, y que afecta de forma positiva para el uso por Todos.<sup>4</sup> Es un hecho reconocido a nivel internacional que la “*accesibilidad mejora la vida, no solo de las personas con discapacidad funcional, sino de todos los ciudadanos*”<sup>5</sup>. Por otra parte la accesibilidad está considerada como un derecho social<sup>6</sup> y así se establece por la Convención Internacional de Derechos de las Personas con Discapacidad y por la legislación española, que apuesta por la accesibilidad como elemento diferenciador con respecto a otros. Los beneficiarios de un “entorno construido accesible” no son exclusivamente las personas con discapacidad, también lo son todos aquellos que de forma temporal tengan limitadas sus capacidades o el colectivo de personas mayores que con el paso del tiempo disminuyen sus capacidades funcionales, sensoriales o cognitivas. Es un error entender la accesibilidad universal como una superación de barreras físicas. Se debe considerar como una aplicación de medidas orientadas a la participación social de todas las personas, lo que implica la eliminación de todo tipo de barreras que impidan la inclusión de cualquier persona, contemplando la discapacidad auditiva, visual, intelectual o enfermedad mental.

Por todo ello, debemos entender que la Accesibilidad supone algo más que la eliminación de las barreras físicas, implica crear entornos y servicios Accesibles para Todos, considerando las personas con capacidades diferentes. Esta nueva concepción de la Accesibilidad engloba la participación social de Todas las personas, admitiendo que la falta de adaptación del entorno construido genera más problemas que las limitaciones funcionales de las personas. Además acoge la necesidad de contemplar la diversidad funcional como reto de futuro, en cualquier aspecto edificatorio, es decir en el diseño, construcción, rehabilitación o adaptación de las edificaciones, así como en la planificación y uso de los servicios, incorporando un nuevo concepto, el de la “Gestión de la Accesibilidad”, como sistema que permite el uso de los servicios de carácter público o privado a todos los usuarios.

En el ámbito de la certificación, el término de accesibilidad se aplica a las distintas actuaciones que realiza la persona en su actividad cotidiana, es decir, afecta al desplazamiento, la comunicación, el alcance (asir, coger), la comprensión, el uso y la manipulación como aspectos más relevantes, sin olvidar otros aspectos importantes como la evacuación y el mantenimiento. Certificar la Accesibilidad asegura que la persona puede desarrollar éstas actividades de forma autónoma, segura, no discriminada y sin ningún tipo de

barrera física, incluyendo a las personas con discapacidad funcional.

Otro término esencial en el proceso de la certificación es el de “*cadena de accesibilidad*”, que se define como un “*conjunto de elementos que, en el proceso de interacción del usuario con el entorno, permiten la realización de las actividades previstas en él*”.<sup>7</sup> Analizar las “*cadenas de accesibilidad*” en la prestación del servicio es esencial para poder identificar procesos críticos, priorizar actuaciones y garantizar un resultado accesible. Es importante considerar que todos los elementos que intervienen tienen el mismo grado de importancia, por lo que se debe evitar que se rompa la “*cadena de accesibilidad*” por el eslabón más débil o por la falta de control en el proceso.

Es habitual en demasiadas ocasiones comprobar cómo un entorno o servicio que era accesible, deja de serlo por romperse la “*cadena de accesibilidad*”, como ocurre en procesos de mantenimiento, en el propio uso del edificio o en usos excepcionales del entorno. Un ejemplo útil aplicado a un edificio, es la realización de actos protocolarios con presencia de medios de comunicación, en el que un espacio que en un principio era accesible, se convierte en no accesible, por la instalación de cableado por suelo que requiere la transmisión.

La “*Certificación de la Accesibilidad del entorno construido*” es la capacidad de proporcionar que un entorno edificado es accesible, y a su vez que se cumplen los requisitos “*DALCO*”, (identificados como Deambulación, Aprehensión, Localización y Comunicación), asegurando que se mantienen vigentes con el tiempo. Estos criterios se refieren a las capacidades de las personas para desarrollar las actividades que se definen como:

Deambulación, es la acción de desplazarse de un lugar a otro tanto en vertical como en horizontal.

Aprehensión, corresponde a la acción de coger o asir un elemento. Se entiende como la capacidad de la persona para alcanzar, atrapar, girar, pulsar, etc. Con frecuencia conlleva la acción de transportar lo manipulado<sup>8</sup>.

Localización, es la acción de identificar donde está un lugar o alguien y saber cómo llegar.

Comunicación, se refiere a la acción de intercambiar información para el desarrollo de una actividad y también a la posibilidad de comunicación entre personas.

Se debe señalar que se ha demostrado importantes ventajas que favorecen a las entidades que han obtenido el Certificado de Accesibilidad y Gestión de la Accesibilidad

<sup>4</sup> Ferte, Dominique. *Accesibilite en Pratique*, L'. Du Moniteur Editions. ISBN 978-2-281-11412-6.2009 [8]

<sup>5</sup> Meuser, Philipp, Tobolla, Jennifer, *Arquitectura Accesible*. Manuales de Arquitectura y Construcción, Promopress Ediciones. ISBN/ISSN 978-84-15967-16-3.2015 [9]

<sup>6</sup> AA.VV. *Accesibilidad e Integración. Una mirada crítica a la arquitectura social*. NObuko. ISBN 978-987-584-139-0.2008.

<sup>7</sup> 2009 Normas para facilitar la accesibilidad global al entorno. AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. Disponible en: [www.fedijif.org](http://www.fedijif.org). Consultado en: septiembre de 2016.

<sup>8</sup> Norma española UNE 170001-1:2007. 5. Criterios para la aprehensión. [11]

Universal, conforme establece a la UNE 170001-2 que se destacan a continuación:

- ◆ Ofrece a la entidad un valor añadido al tener la certeza que está desarrollando de forma correcta la actividad y cumple los objetivos que exigen las normas de accesibilidad, de gestión y uso de los servicios.
- ◆ Constituye un elemento diferenciador y demuestra la actitud responsable a nivel social de la organización.
- ◆ Genera confianza a los usuarios comprobar la sensibilización de la entidad al crear espacios e implantar servicios accesibles para Todos.

#### 4.1. OBJETIVO DE LA CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

La concesión del “Certificado de Accesibilidad Universal” garantiza a todas las personas, con independencia de sus capacidades o edad, las mismas posibilidades de acceso a cualquier espacio del entorno construido, así como el uso de los servicios que en él se prestan con autonomía y sin discriminación.

El objetivo de la certificación es establecer los criterios que debe cumplir un entorno construido, de forma que se confirme su uso con plena autonomía y seguridad por cualquier usuario, garantizar las limitaciones de accesibilidad que puedan surgir y la eliminación de barreras físicas que impidan el uso por cualquier persona. Se puede aplicar a edificios, entornos, procesos, productos y servicios.

Un reto pendiente es la concienciación por parte de las administraciones públicas de la implantación de la Accesibilidad Universal como valor diferenciador, que debe estar integrado como un factor esencial y normalizado en todas las fases del proceso edificatorio de un edificio, entorno urbano o rehabilitación del patrimonio construido, así como instaurar su presencia en el proceso de gestión y utilización de los servicios de carácter público que prestan, de forma que se garantice la posibilidad de uso por todas las personas. Una garantía y un objetivo de la certificación es asegurar el cumplimiento de la normativa de obligado cumplimiento y de la UNE170001:2007, como herramienta que asegura el uso por Todos. La administración pública ha reconocido la importancia de una gestión eficiente y su interés de innovación, y modernización, en la que se integren todos los ciudadanos. Un instrumento esencial para asegurar la inclusión de Todos es asegurar la Accesibilidad Universal en todos los espacios públicos.

Hay que señalar que en los últimos años se ha aumentado el número de “Certificaciones de Accesibilidad” realizadas al entorno construido, por una parte importante de la administración pública, apostándose por ello tanto en lo que corresponde a edificios y entornos de nueva construcción o rehabilitados.

#### 4.2. PROCESO DE LA CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

La obtención del Certificado de Accesibilidad Universal aplicado a los entornos construidos, manifiesta un compromiso por parte de las entidades o empresas que la aplican con la sociedad, creando entornos donde cualquier persona, independientemente de sus capacidades, pueda desarrollar sus actividades en condiciones de igualdad de oportunidades que el resto de los usuarios. La adopción de esta norma facilita a las empresas que la implantan la responsabilidad social empresarial y la inclusión de las personas con capacidades diferentes.

En el proceso de la Certificación se aplican las normas y reglamentos vigentes a nivel nacional en materia de accesibilidad y la norma UNE 170001 Accesibilidad Universal, que incluye la UNE 170001-1:2007. Parte 1, que se refiere a Criterios DALCO para facilitar la accesibilidad del entorno y la UNE 170001-2:2007. Parte 2. Sistema de Gestión de la Accesibilidad.

El Sistema de Gestión de la Accesibilidad es un conjunto de elementos, mutuamente relacionados o que interactúan, para establecer la política y objetivos, y para dirigir y controlar una organización en relación con la accesibilidad<sup>9</sup>.

En el proceso de la certificación se distinguen distintas etapas perfectamente diferenciadas. En una primera fase se procede a realizar un “diagnóstico” del cumplimiento de la normativa vigente de accesibilidad del entorno y servicio. En el caso de incumplir la normativa se desarrolla una propuesta para su adaptación o la aplicación de “ajustes razonable”, conforme la norma UNE 170001-1:2017.

En la segunda fase se procede a la “implantación” de las mejoras arquitectónicas, tecnológicas, de equipamiento y adaptación de servicios, para posteriormente proceder a la “implantación” del Sistema de Gestión” propuesto, conforme a la norma UNE 170001-2:2017.

En la última fase se procede a la “certificación” según la norma UNE 170001, lo cual obliga a un mantenimiento de la accesibilidad del entorno construido y del Sistema de Gestión. El certificado tiene un periodo de validez de tres años desde la fecha de su concesión. Durante su vigencia se realizan auditorías de seguimiento anuales. Al finalizar el periodo de tres años se procede a realizar una auditoría de renovación del Certificado y, posteriormente, transcurrido un año se procede a la revisión, comprobando la entidad certificadora se mantienen o se han cumplido los compromisos asumidos por la entidad en el proceso de Certificación de Gestión de la Accesibilidad.

La aplicación del Sistema de Gestión de Accesibilidad Universal, identificado como SGAU, obliga a definir aspectos determinados:

- ◆ Determinar los responsables del SGAU.

<sup>9</sup> UNE 170001-2: 2007. Esta definición se basa y es congruente con el concepto de “sistema de gestión de la calidad”, definido en ISO 9000 [12]

- ◆ Identificar los centros de actividad en los que se aplica, o servicios donde se actúa.
- ◆ Detallar las actividades, servicios, procesos o productos que influye su aplicación en los centros de actividad.
- ◆ Establecer a los usuarios que afecta, dentro de la organización o externos a ella.

Implantar el “Sistema de Gestión de la Accesibilidad (Accessibility Management System)” garantiza el uso de los servicios que se ofrecen por todas las personas e implica definir criterios, objetivos, políticas, manuales, formación, planes y planificar recursos que aseguren su cumplimiento. El procedimiento para su implantación está desarrollado en la UNE 170001-2:2007, redactada por el Comité AEN/CTN 170. Accesibilidad Universal y Diseño para Todos.

La adopción de la Norma UNE 170001-2 supone un compromiso social de la organización con la igualdad de derechos y oportunidades a todas las personas, independientemente de sus capacidades.

Asegura que todos los usuarios pueden acceder a un entorno y a los servicios que se prestan, al asumir la entidad un compromiso con la accesibilidad universal, que garantiza que los entornos son accesibles para todos los usuarios y los procesos de prestación de los servicios están adaptados para todos.

Por último, señalar que la implantación del “Sistema de Gestión de la Accesibilidad” genera el establecimiento de un “Programa de Mantenimiento Correctivo y Preventivo” y el correspondiente control de los elementos accesibles a los que afecta.

## 5. MARCO JURÍDICO DE APLICACIÓN EN EL PROCESO DE LA CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

En el marco jurídico nacional la Constitución Española de 1978, en los artículos 9.2 y 14, obligan a la aplicación de la accesibilidad tanto en el ámbito edificatorio como de gestión<sup>10</sup>.

Del mismo modo, en el ámbito jurídico sobre “Inclusión de personas con discapacidad” la normativa de aplicación obliga a la adaptación de los entornos y a la gestión accesible de los servicios.

- ◆ Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre [13], por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social (LGD). Establece en la Disposición Adicional Tercera, el 4 diciembre de 2017 como fecha límite, para que todos los edificios y entornos cumplan las condiciones exigidas en el Código Técnico de la

Edificación (CTE).

- ◆ Ley 27/2007, de 23 de octubre, por la que se reconocen las lenguas de signos españolas y se regulan los medios de apoyo a la comunicación oral de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas (artículos 10.a, 19.a).
- ◆ El Real Decreto 366/2007, de 16 de marzo, por el que se establecen las condiciones de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad en sus relaciones con la Administración General del Estado, desarrollado por Orden PRE/446/2008, de 20 de febrero.

En el ámbito jurídico de la edificación la normativa de aplicación es:

- ◆ Código Técnico Edificación (CTE). Documento Básico Seguridad, Usabilidad y Accesibilidad (DBSUA) y Documento Básico Seguridad en caso de Incendios (DBSI).
- ◆ Reglamentos Comunidades Autónomas.
- ◆ Normativas ámbito Local (Ayuntamientos).
- ◆ Ley 8/1993. Ley de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas de la Comunidad Madrid.
- ◆ Ley 8/2013, de 26 de junio, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas (3R). Obliga a adaptar edificios. Cabe destacar que obliga a realizar “ajustes razonables” de accesibilidad en el entorno construido antes del 4 diciembre 2017.
- ◆ R.D. 505/2007, de 20 de abril, por el que se aprueban las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados y edificaciones.
- ◆ R.D.556/1989, de 19 de mayo, por el que se fijan medidas mínimas sobre accesibilidad en los edificios (BOE de 23 de mayo de 1989). Establece unas medidas mínimas que deben garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidad. Se debe observar que solo resulta aplicable en ausencia de normativa autonómica, por lo que tiene escasa relevancia práctica.

En el marco jurídico internacional, la norma ISO 21542 es la primera norma internacional que normaliza los criterios de accesibilidad en el entorno edificado. El principal objetivo con el que se ha desarrollado es servir de guía para facilitar mejores desarrollos de los entornos, siguiendo las normas de accesibilidad universal. Se trata de una propuesta que subraya la necesidad de establecer una estrategia de principios de diseño inclusivo.

<sup>10</sup> Art. 9.2. Corresponde a los poderes públicos promover las condiciones para que la libertad y la igualdad del individuo y de los grupos en que se integra sean reales y efectivas; remover los obstáculos que impidan o dificulten su plenitud y facilitar la participación de todos los ciudadanos en la vida política, económica, cultural y social.  
Art. 14. Los españoles son iguales ante la ley, sin que pueda prevalecer discriminación alguna por razón de nacimiento, raza, sexo, religión, opinión o cualquier otra condición o circunstancia personal o social. [6]

A modo aclaratorio, la Organización Internacional de Normalización ISO<sup>11</sup> nació tras la Segunda Guerra Mundial, en febrero de 1947, tratándose del organismo responsable de fomentar el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para las ramas industriales<sup>12</sup>. La ISO es una red reconocida de los institutos de normas nacionales de 162 países, con la representación de de normas nacionales de 162 países, con la representación de un miembro por país y una secretaria central, con su centro ubicado en Ginebra (Suiza), que coordina el sistema. Se debe señalar que las normas desarrolladas por ISO son de carácter voluntario, entendiéndose que ISO es un organismo no gubernamental, que no depende de ningún otro organismo de carácter internacional, en consecuencia no le corresponde imponer sus normas en ningún otro país.

En el ámbito internacional existen normas y/o recomendaciones en el proceso de certificación que han sido ratificadas por España, por lo que pasan a ser Ley de obligado cumplimiento. Este es el caso de la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, aprobada el 13 de diciembre de 2006 por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU), ratificada por España el 3 de diciembre de 2007, que entró en vigor el 3 de mayo de 2008. La Convención tiene por objeto velar por los aproximadamente 650 millones de personas con discapacidad en el mundo, para que se garantice pueden disfrutar de los mismos derechos y oportunidades, reconocidos por ley.

De forma análoga, el "Acta Europea de Accesibilidad (European Accessibility Act)", ha supuesto un importante avance en el ámbito de la accesibilidad en general y en especial del entorno construido, al fijar unos criterios de aplicación que garantice la creación de espacios para todos. Se trata de una Directiva Comunitaria que obliga a todos los estados miembros de la Convención de Naciones Unidas sobre Derechos de las Personas con Discapacidad, entre otros España, a adoptar medidas para garantizar que las personas con discapacidad puedan acceder, en condiciones de igualdad a los entornos, infraestructuras, transporte, información-comunicación y cualquier otro servicio público.

El gran logro conseguido por el "Acta Europea de Accesibilidad" es definir los criterios de actuación, de forma que se asegura la inclusión de todas las personas. Garantiza la imposibilidad de presencia de nuevas barreras físicas en la ciudad y promueve la Igualdad de Derechos para Todos los Ciudadanos. Asimismo unifica criterios de Accesibilidad fijando pautas comunes para todas las empresas, lo que supone un importante avance en el diseño de políticas que garanticen que todos los productos y servicios sean accesibles para Todos, y desarrolla acciones sobre accesibilidad en áreas como las comunicaciones, servicios bancarios, telefonía,

audiovisuales, comercio electrónico, transporte y ordenadores.

Las normas de referencia de aplicación en lo que corresponde a las Normas UNE son:

- ◆ Certificación UNE 41500:2001 IN Accesibilidad en la Edificación y el Urbanismo. Criterios generales de diseño. (Accessibility in building and urbanism. Design general criteria). Expone los criterios generales de diseño que hagan posible la accesibilidad en la edificación y en el urbanismo a todos. Se exponen las características y requerimientos para toda la población incluyendo las personas afectadas por limitaciones o discapacidades.
- ◆ Certificación UNE 41510:2001 Accesibilidad en el Urbanismo (Accessibility in the urbanism). Regula el establecimiento de los parámetros que aseguren la accesibilidad en todos los elementos urbanos incluido el mobiliario, ya sean definitivos o provisionales, con el fin de que puedan ser utilizados por todos los ciudadanos.
- ◆ UNE 139801:2003 "Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad, requisitos de accesibilidad al ordenador. Hardware."

## 6. DISCUSIÓN

El análisis desarrollado demuestra la importancia que supone para una entidad disponer del "Certificado de Accesibilidad", como valor social reconocido por todas las personas, y en especial por aquellas con diversidad funcional. Reconoce la importancia que supone las garantías de acceso en igualdad de condiciones que cualquier otra persona y la posibilidad de uso de los servicios públicos de forma segura y autónoma.

Un aspecto fundamental en el que se coincide de forma mayoritaria, es el apoyo que supone disponer del "Certificado de Accesibilidad" a nivel institucional, como reconocimiento que otorga que los procedimientos aplicados en las actividades que se desarrollan son correctos, adaptados a los parámetros de accesibilidad en las actividades que se desarrollan y cumplen las condiciones de igualdad que exige la normativa vigente.

Se identifica de forma unánime como un valor añadido, el disponer de un Certificado de Accesibilidad que conlleva un Sistema de Gestión de la Accesibilidad, emitido por un organismo externo, ajeno a la entidad que lo solicita, que no ha intervenido en ninguno de los procesos edificatorios, actuando exclusivamente en la fase de auditoría y control realizado, para acreditar que cumple las condiciones que requiere la obtención del correspondiente certificado. Supone por tanto un valor ante los agentes sociales que reconocen cumplen las condiciones de accesibilidad con garantías que se mantendrán en el tiempo.

Se cuestiona si el reconocimiento del cumplimiento de la

<sup>11</sup> Es el organismo encargado de promover el desarrollo de las normas internacionales. Su función esencial es establecer la estandarización de normas de productos y de seguridad para entidades, empresas e instituciones a nivel internacional.

<sup>12</sup> Meuser, Philipp. Construcción an design manual. Accessible arquitectura. Dow Publishers. ISBN 978-3-86922-170-0.2012

normativa vigente de obligado cumplimiento sobre accesibilidad, es herramienta suficiente para obtener la acreditación del edificio o entorno como accesible, o se debe exigir como requisito para otorgar ese reconocimiento, el disponer del "Certificado de Accesibilidad Universal y Gestión de la Accesibilidad". En este sentido se coincide en la necesidad de entender la Certificación en Accesibilidad como un valor añadido para la entidad, semejante al que se otorga con un sello de calidad, como factor que genera confianza e imagen a los usuarios. Se trata de una "marca" que evidencia que las organizaciones cumplen los requisitos requeridos en la norma UNE 170001.

Otro aspecto de gran interés que surge del estudio realizado, es la necesidad emergente de mejorar la normativa vigente de obligado cumplimiento sobre accesibilidad, abordando dos aspectos: por una parte en lo que se refiere a la unificación de normativa, ya que la dispersión actual puede llegar a crear confusión en su aplicación, y por otra, sin dejar de reconocer los avances que se han conseguido en los últimos años, se considera insuficiente en aspectos determinados como son la evacuación, factor esencial contemplado en el proceso de la certificación y, en las adaptaciones realizadas en rehabilitaciones y el patrimonio construido, en lo que corresponde a la aplicación de "ajustes razonables".

## 7. CONCLUSIONES

El Diseño Universal es una estrategia seguida por un creciente número de empresas y entidades, tanto públicas como privadas, encaminada a satisfacer las necesidades de las personas con discapacidad en particular, y de toda la población en general, contribuyendo de esta manera a eliminar las desigualdades que padece este segmento de mercado, así como a lograr la igualdad de oportunidades de todos los ciudadanos. Actualmente el Diseño Universal es un principio recogido en la legislación de numerosos países, respondiendo con ello a la necesidad de integrar a las personas con discapacidad, evitando que las mismas sean objeto de discriminación. En el caso de España es la Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de Igualdad de Oportunidades, No Discriminación y Accesibilidad Universal de las Personas con Discapacidad.

La Certificación en Accesibilidad Universal garantiza el cumplimiento de los parámetros de la "Accesibilidad Integral" como una condición que deben cumplir los entornos construidos y servicios, que asegura que son "utilizables y practicables" por todos los usuarios de forma segura, autónoma y en condiciones de igualdad, incluyendo la diversidad funcional de las personas. La que recoge el principio del Diseño Universal. Si bien en nuestro país, además, debemos hacer mención a la norma creada en 2001 por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), cuya obtención garantiza la accesibilidad universal de la empresa que la ostenta. Esta certificación viene a dar respuesta a la queja generalizada por parte de personas y asociaciones de personas con discapacidad, de que, a pesar de ser un requisito exigido por ley, no se cumplen las obligaciones de

accesibilidad y diseño universal en gran número de empresas y entornos, siendo estos aspectos imprescindibles para lograr que las personas con discapacidad se puedan desenvolver en condiciones de seguridad, comodidad y autonomía, mejorando con ello la calidad de vida de las mismas.

La "Certificación y la implantación del Sistema de Gestión de la Accesibilidad Universal en el entorno construido" es una herramienta muy potente que refuerza de forma positiva la imagen y el reconocimiento social de la entidad, como elemento que demuestra el compromiso social que asume con las personas con discapacidad funcional.

La "Gestión de la Accesibilidad Universal" y la Accesibilidad Universal en el ámbito edificatorio es un reto que se debe asumir e incorporar en la formación curricular de los técnicos en edificación como acción prioritaria. Por ello, es esencial integrar en la formación de los futuros técnicos en edificación, como expertos en los procesos edificatorios, los conocimientos esenciales para abordar la Accesibilidad e implantar un Sistema de Gestión en Accesibilidad Universal.

En los procesos de Certificación de Accesibilidad del entorno construido es esencial que intervengan técnicos de la edificación, como profesionales reconocidos con amplios conocimientos del entorno construido, rehabilitación de edificios y funcionamiento del mismo. Una evaluación de accesibilidad eficaz requiere acreditar una formación en edificación, experiencia en aplicación de la accesibilidad universal, conocimiento de la normativa en el ámbito de la accesibilidad, comprensión de la accesibilidad en el entorno construido.

## 8. REFERENCIAS

- [1] AA.VV. Accesibilidad e Integración. Una mirada crítica a la arquitectura social. NObuko. ISBN 978-987-584-139-0. 2008
- [2] AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. Normas para facilitar la accesibilidad global al entorno Disponible en: [www.fedijif.org](http://www.fedijif.org). Consultado en: septiembre de 2016
- [3] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) (2012): Sistema de Gestión de la Accesibilidad Universal UNE 170001. Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/certificacion/resp\\_social/accesibilidad\\_universal.asp](http://www.aenor.es/aenor/certificacion/resp_social/accesibilidad_universal.asp) Consultado en: abril de 2017
- [4] Centro Estatal de Autonomía, Personas y Ayudas Técnicas (CEPAT) (2001): "Resolución del Consejo Europeo sobre el Diseño Universal". Boletín del Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, Nº 36, pp.2. Secretaría de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
- [5] Comisión Europea (1991): Por una Europa Accesible a Turistas con Discapacidades. Disponible en: [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)
- [6] Consejo de Europa (2001): "Resolución ResAP (2001) sobre Principios de Diseño Universal en los currícula de todas la actividades relacionadas con el entorno de la construcción". Adoptada por el Comité de Ministros de 15 de febrero de 2001, en la 742ª reunión de los Subsecretarios. Disponible en: [www.sid.usal.es](http://www.sid.usal.es) (consultada 23 marzo 2016)
- [7] Federación Provincial de Asociaciones de Personas con Discapacidad Física y Orgánica de Jaén (FEDIJIF) (2009): Normas para facilitar la accesibilidad global al entorno. AENOR. Asociación Española de Normalización y Certificación. Disponible en: [www.fedijif.org](http://www.fedijif.org)

[8] Ferte, Dominique. Accesibilite en Pratique,L'. Du Moniteur Editions. ISBN 978-2-281-11412-6.2009

[9] Meuser, Philipp, Tobolla, Jennifer, Arquitectura Accesible. Manuales de Arquitectura y Construcción , Promopress Ediciones. ISBN/ISSN 978-84-15967-16-3.2015

[10] Meuser, Philipp. Construcción an design manual. Accessible arquitectura.Dow Publishers.ISBN 978-3-86922-170-0.2012

[11] Norma española UNE 170001-1:2007. 5. Criterios para la aprehensión.

[12] Norma española UNE 170001-2: 2007. Esta definición se basa y es congruente con el concepto de "sistema de gestión de la calidad", definido en ISO 9000

[13] Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre por el que aprueba el "Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social"

---

#### WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



# Study of a comparative analysis model of environmental and economic costs on a façade based on the life cycle approach

## Estudio de modelo de análisis comparativo de costes ambientales y económicos de una fachada basado en el enfoque del ciclo de vida

**NURIA GARCÍA HORCAJO**

Arquiteknum Calle Camino de Guadalix nº 8, San Agustín de Guadalix, 28750 Madrid - España. [arquitectica92@gmail.com](mailto:arquitectica92@gmail.com)

- ◊ A model to analyze economic and environmental costs in the refurbishment process of a façade.
- ◊ It is important to take into account during refurbishment process environmental and economic aspects.
- ◊ Further investigations should drive to get a building global evaluation model.

*Climate change has come and sustainability has become a global priority. Sustainability in building sector means not only new construction but also refurbishment of existing buildings. Gas emissions reduction goes necessarily through to enhance environmental and energetic characteristics of existing buildings. So, the use of renewable energy is necessary as well as sustainable refurbishments. Many issues have a direct impact on the sustainability of a refurbishment, (environmental, social, economic, energetic, etc). This study proposes a model to weight or measure economic, environmental and energetic costs in refurbishing a façade of building, with verifiable and comparable results as a first approach to get the best model to a global evaluation in building sector. To get this model, the author study eight different refurbishment proposals for a chosen façade of building setting two different types of actions. This model is based on life cycle analysis and shows quantitative and comparables results expressed in graphics to get a better understanding.*

*sustainability, environmental impact, environmental evaluation, economic cost, energy*

- ◊ Se propone un modelo de análisis simplificado de costes económicos y ambientales para la rehabilitación de fachadas.
- ◊ En una rehabilitación, deben tenerse en cuenta criterios ambientales y económicos.
- ◊ Las futuras líneas de investigación deben ir encaminadas a lograr un modelo de evaluación global del conjunto de la edificación.

**El cambio climático es ya una realidad y la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad a nivel mundial. Dicha sostenibilidad, aplicada al sector de la construcción, significa no solo lo relativo a la nueva construcción sino también en lo referente a la reforma de la edificación existente. La reducción en la emisión de gases de efecto invernadero pasa necesariamente por la mejora de las características ambientales y energéticas de los edificios existentes. En este sentido se hace necesario el uso de energías renovables así como una mejora de la edificación existente para que sea sostenible. Son muchos los aspectos que tienen un impacto directo en la sostenibilidad a la hora de acometer una actuación de rehabilitación, ambientales, sociales y económicos. Este trabajo propone un modelo que mida los costes económicos y medioambientales a la hora de reformar la fachada de un edificio, aportando unos resultados comparables y verificables, como una primera aproximación para conseguir el mejor modelo de evaluación global del edificio. Para conseguir este modelo de análisis, el trabajo se apoyo en el estudio de 8 propuestas de mejora de fachada de un edificio estableciendo dos tipos de acciones. Este modelo se basa en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y muestra resultados cuantitativos y comparables expresados en gráficos para una mejor comprensión.**

*sostenibilidad, impactos ambientales, evaluación ambiental, energética, costes económicos/ambientales*

### 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el sector de la construcción según el Programa de Naciones Unidas "Sostenible Building and Climate Initiative (SBCI)", es el principal responsable de las

emisiones de gases de efecto invernadero, producidas principalmente por el consumo energético en la fase de vida útil del edificio, [1, 2].

El informe "Gro Harlem Brundtland" [3], define desarrollo sostenible como aquel que satisface nuestras necesidades

futuras para satisfacer las suyas.

En los años 90 se generalizó el consenso que el desarrollo sostenible debía basarse en tres pilares: ecológico, económico y social [1, 4].

En la intersección de los aspectos ambientales y económicos se encuentra el objetivo de la Unión Europea, lograr una economía circular que propone un nuevo modelo de sociedad que utiliza y optimiza los stocks y los flujos de materiales, energía y residuos y su objetivo es la eficiencia del uso de los recursos.

Los compromisos de la UE, van encaminados a la sostenibilidad en la edificación [5]. Puesto que en la actualidad el ACV es la referencia en el sector de la construcción para la evaluación ambiental de los edificios y además el ACV se ha establecido como futura norma europea de evaluación de la sostenibilidad (EN 15643-2) y en el ámbito ISO, el método indicado para la evaluación (ISO 21931-1:2010) del comportamiento ambiental de los edificios. Las estrategias para hacer que los edificios sean más sostenibles deberían basarse principalmente en el Enfoque del análisis del ciclo de vida. Los costes económicos necesarios para llevar a cabo la estrategia condicionarán la elección de la misma. Necesitamos un estudio global del edificio, ambiental, económico y energético para una estrategia sostenible.

Actualmente el parque de viviendas en España asciende a un total de 2, 5 millones de viviendas [6]. El 54% es anterior a 1981 [7], previos a la NBCE-79, construidos bajo normativas muy básicas o nulas en cuanto a limitaciones de consumo o aislamiento. Son muchos los autores que han resaltado la importancia de la rehabilitación para reducir el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> [8]. Cualquier mejora energética que se realice en obra nueva contribuirá a incrementar en mayor o menor medida las emisiones de gases invernadero y el consumo energético, pero no logrará en ningún caso reducir las emisiones ya existentes, por ello la rehabilitación es objetivo prioritario para mejorar el impacto ambiental y reducir el consumo ya existente de un parque de viviendas carente de calidad ambiental. [9]

En este contexto se enmarca la investigación que desarrolla el trabajo "Modelo de análisis comparativo de costes ambientales, económicos y energéticos de una fachada basado en el enfoque del Ciclo de Vida" [10]. El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de evaluación ambiental, energética y económica bajo el enfoque del análisis del Ciclo de Vida (ACV) y el Coste del Ciclo de Vida (CCV) de ocho propuestas diferentes de dos tipos de fachada previamente seleccionadas. Por la envergadura del estudio se ha desarrollado en fachadas y analizando la etapa de "cuna a puerta" en el ámbito de la rehabilitación.

Para ello los resultados obtenidos se expresarán en una única unidad normalizada, euro (€)/m<sup>2</sup>. Haciendo posible la comparación de los costes ambientales y económicos, representando gráficamente estos resultados. La mejor actuación será aquella que tenga el menor impacto ambiental y menor coste de inversión.

El análisis se realizó a nivel de fachada esperando que en un futuro se pueda realizar este modelo para evaluar el edificio globalmente. Este análisis siguió la normativa europea (UNE-EN 15643-3, 2012; UNE-EN 15978, 2012), al tratarse de una actuación de rehabilitación. Se apoya en la herramienta multicriterio [11]. Se recogen tres imágenes de datos, resultados de impactos ambientales y comparativos de las diferentes propuestas seleccionadas en la figura 1.

OPCION A	CARACTERISTICAS				DESEMPEÑO		
	W/m2K	Kg	cm	kJ/K	€/año	Años	kg/km
MORTERO.DE.CEMENTO	0,73	0,25	3	0	275 MEDIO	50	0
PLACA.DE.GRANITO.2CM	2,8	12,62	2	0	0 MEDIO	50	0
PINTADO.SILICONA	0,056	0,4	1,5	0	0	0	0
FACHADA	3,586	13,27	6,5	0	275	0	25
BH.CT.62.5X25X36,5	3,9	350	36,5	0	0 BAJO	100	0
SOPORTE	3,9	350	36,5	0	0	0	25
EPS.E:93.T:31x10 <sup>-3</sup>	(31x10 <sup>-3</sup> -2	2,325	9,3	0	0	0	50
AISLAMIENTO	0	2,325	9,3	0	0	0	12,5
PLADUR	0,45	9,75	1,3	0	9750	0	0
RAIL48MM	0,88	1,875	0,4	0	1650	0	0
PINTADO.MATE	0,056	0,38	1E-05	0	0	0	0
PINTADO.MATE	0,056	0,38	1E-05	0	0	0	0
TRASDOSADO	1,442	12,385	1,7	0	11400	0	0
TOTAL SISTEMA	8,928	377,98	54	0	11675	0	15,625

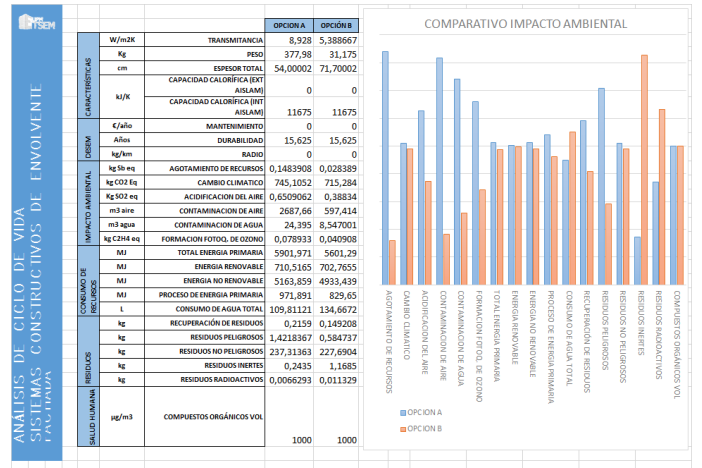
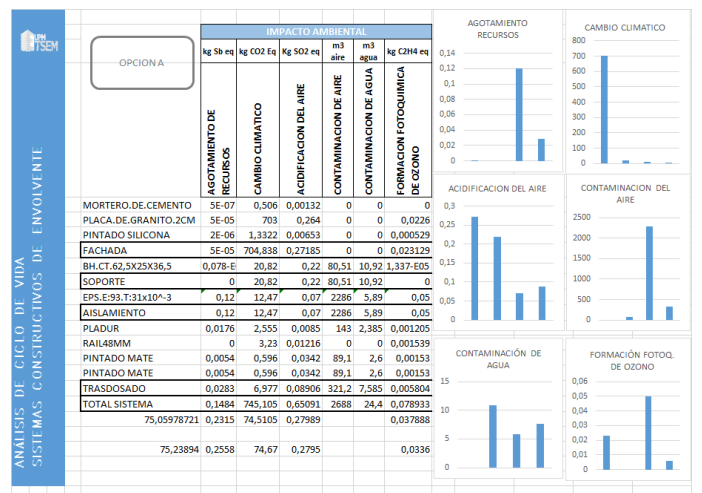


Figura1: Herramienta Multicriterio [11]. a. Selección de elementos de la fachada. b. impactos generados en cada categoría. c. Comparativo de impacto ambiental.

El edificio objeto de estudio corresponde a una vivienda unifamiliar, pareada en una Urbanización de la zona Norte de la Comunidad de Madrid, en el municipio de San Agustín del Guadalix. La vivienda se desarrolla a partir de un semisótano, aprovechando el desnivel de la parcela, planta baja y planta primera, concretándose el programa como muestra la figura 2.

La cubierta es de teja de hormigón, con formación de pendientes con estructura metálica. El cerramiento exterior está formado por una hoja exterior de ladrillo cerámico enfoscado en su interior con un mortero hidrófugo, aislamiento de cámara de aire y tabique de ladrillo hueco.

La vivienda situada en Madrid según el CTE le corresponde las condiciones climáticas de zona climática D3 [12]. Un clima severo tanto en invierno como en verano. Madrid está situada a 667 m de altitud. Las temperaturas medias en invierno oscilan entre los 2,6°C y los 12°C, con una humedad relativa media en torno al 70%. En verano las temperaturas medias rondan los 24°C, con una media mensual de las temperaturas máximas de unos 30°C, mientras que la humedad relativa media desciende al 40%.

Las orientaciones este y oeste reciben mayor radiación durante los meses de verano, mientras que la orientación sur tiene sus picos en los meses de marzo y septiembre.

Se considero la fachada con cuatro capas: fachada, soporte, aislamiento y acabado en orden de exterior a interior.

Las propuestas de mejora que se aplicaron no modifican nunca la capa soporte, por lo que el impacto de esta capa es siempre un valor nulo, no se considera. Todas las propuestas planteadas de mejora serán modificadas sobre las capas fachada, aislamiento y acabado.

Las actuaciones en la capa de acabado consideradas en este estudio incluyen la demolición del trasdosado de LHD, los impactos ambientales de esta demolición no se han considerado bien al implementar el aislamiento o bien al reducir al suprimir este acabado. Si se han considerado los impactos y los costes de su nueva construcción.

Aparecen parámetros nuevos correspondientes a los Costes Ambientales y Costes Económicos. Los primeros directamente vinculados a los impactos ambientales.

Estos costes se incorporan en la herramienta, como categorías de Costes Ambientales y Costes Económicos. Así mismo se modifico la selección de propuestas ampliando la selección a ocho tipos al mismo tiempo cuyo resultado aporta una primera visión más global, pudiendo seleccionar posteriormente dos, tres o las propuestas que se seleccionen. Expresando gráficamente los resultados.

Las tipologías estudiadas son de dos tipos, Tipología T, corresponde a una fachada tradicional, por la situación del aislamiento. Se implemento el aislamiento que tenía el caso de estudio. Para poder comparar en igualdad de condiciones se ha empleado el mismo espesor de aislamiento 10 cm, en las cuatro actuaciones. El acabado exterior se realiza de con mortero de agarre, así mismo, el aislamiento empleado ha sido EPS de 10cm en la T1 y T3 y Lana de roca en la T2 y T4. Modificando el acabado interior, siendo la T1 y la T3 guarnecido y enlucido de yeso de 15 mm de espesor. Y en las T2 y T4 un acabado de yeso laminado pintado de 13mm de espesor.

La Tipología V, corresponde a fachada ventilada, por la situación del aislamiento. Se implemento el aislamiento que

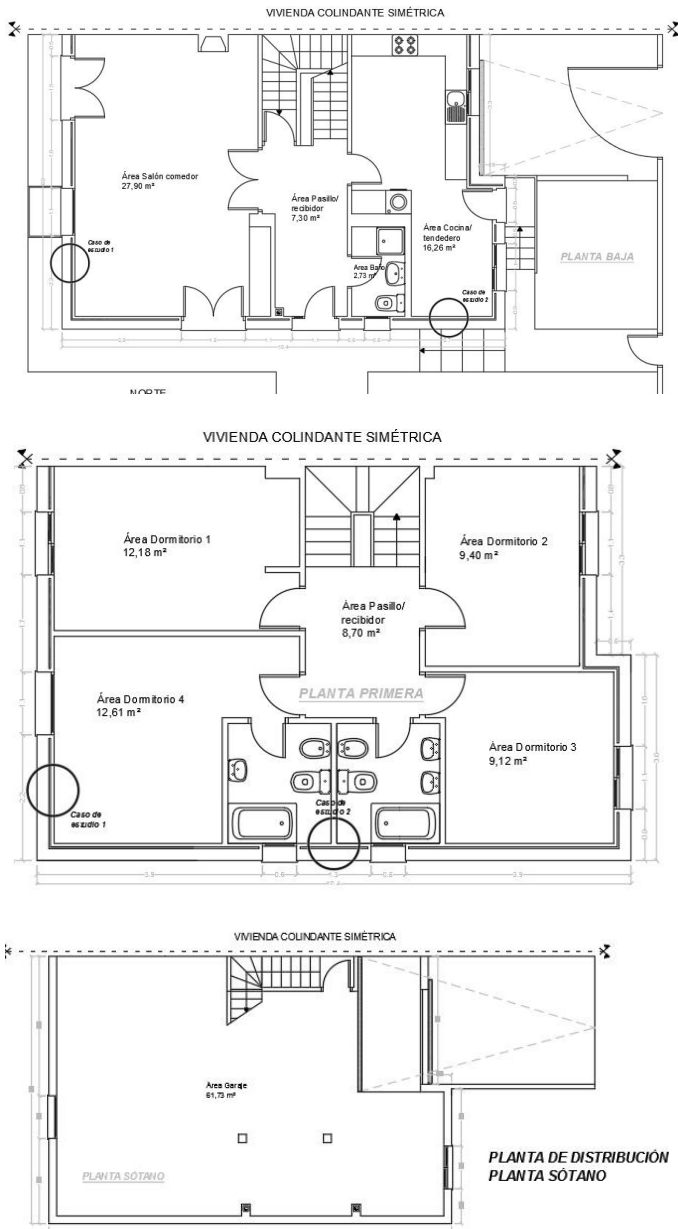


Figura 2: Planos de edificio modelo. Elaboración propia . a. Planta baja. b. Planta primera. c. Planta sótano

La memoria constructiva recoge que la estructura se resuelve mediante muros de hormigón en semisótano. El resto de la estructura portante es fundamentalmente mediante pilares y muros de carga de hormigón armado. Los forjados son muros de carga de hormigón armado. Los forjados son unidireccionales de canto total de 30 cm, constituido por semiviguetas pretensadas de hormigón armado y bovedillas de hormigón.

tenía el caso de estudio. Para poder comparar en igualdad de condiciones se ha empleado el mismo espesor de aislamiento 10 cm. El acabado exterior se realiza de manera mecánica y no con mortero de agarre y el aislamiento empleado ha sido EPS de 10 cm en la V1 y V3 y Lana de roca en la V2 y V4. Modificando el acabado interior, siendo la V1 y la V3 guarnecido y enlucido de yeso de 15 mm de espesor. Y en las V2 y V4 un acabado de yeso laminado pintado de 13 mm de espesor.

Hay que subrayar que al escoger esta tipología, V, se elimina de la capa de acabado el ladrillo hueco doble, que necesariamente repercute en la transmitancia, ya que se elimina un elemento y en apariencia la ganancia térmica no resultará tan grande como la que cabría esperar. En contra se produce una ganancia de superficie útil.

Las tipologías empleadas se muestran en la figura 3.

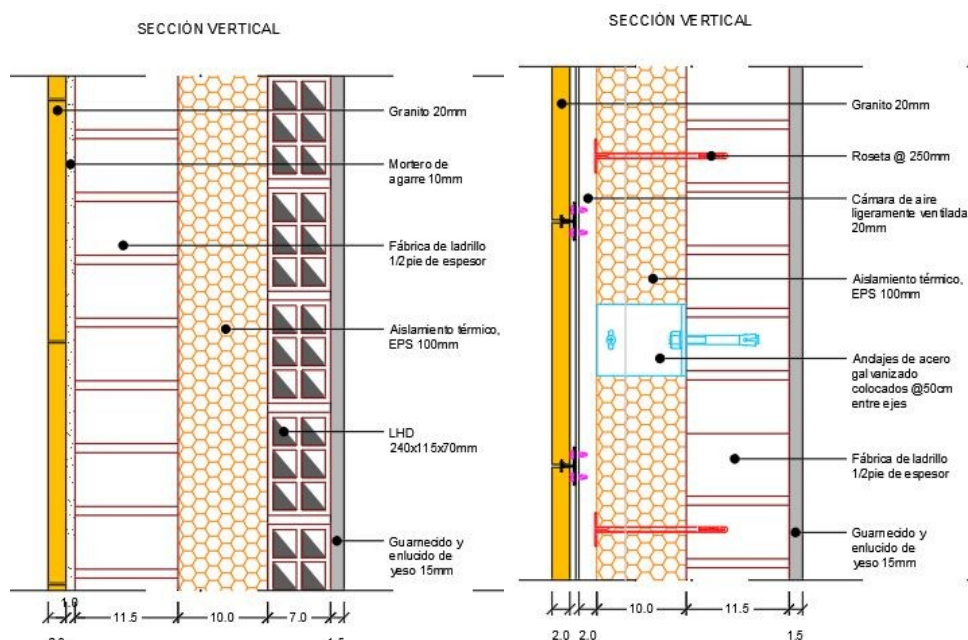


Figura 3: Sección de detalle de dos tipologías estudiadas. Elaboración propia.

## 2. EVALUACIÓN AMBIENTAL

El alcance considerado ha sido de “cuna a puerta”, comprendiendo los módulos A1-A5 según la UNE-EN 15978. No se incluyó el módulo A0 que recoge los costes previos al comienzo de las obras de rehabilitación, como pueden ser los costes del proyecto o las subvenciones, entre otros. Se contempló que en un futuro podría incorporarse a los resultados obtenidos sin menoscabo de la aportación obtenida en el análisis.

El equivalente funcional, que constituye la base para el análisis comparativo, se definió como "1 m<sup>2</sup> de fachada de una vivienda unifamiliar de uso residencial situada en Madrid.

En España, la vida útil de los edificios residenciales en 100 años [13]. Al rehabilitar un edificio, la vida útil considerada será menor de 100 años. Por ello se considero adecuada la selección de una vida útil de 50 años.

Los datos para la evaluación ambiental se obtuvieron de las Declaraciones Ambientales de Producto, DAP, buscando que toda la información fuera verificable y de libre acceso. Los valores se sumaron para cada sistema según las capas y pesos de cada producto. El criterio elegido fue el de la disponibilidad de datos. Por ello se tomaron de la francesa INNIES, ya que se trata de una base de datos general,

transparente y muy utilizada a nivel europeo [11].

La cuantificación de materiales involucrados en un metro cuadrado de fachada se calculo en base a la ratio de fachada por superficie útil de vivienda. En nuestro estudio esta ratio es 0.37.

La metodología empleada fue la de CML 2001, versión 4.1, [14].

Las categorías de impacto consideradas en el estudio fueron:

- ◆ Agotamiento de Recursos Abióticos (ADP), medido en cantidad de Sb equivalente por cantidad de recurso.
- ◆ Cambio climático (GWP), siendo la unidad que define esta categoría son los Kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes por Kg de emisión.
- ◆ Acidificación (AP), que es el resultado de la emisión de contaminantes de carácter ácido, tales como compuestos orgánicos volátiles (COVs), expresado en kg etileno equivalente por kg de sustancia emitida.
- ◆ Demanda energética, cuyo resultado final se obtendrá en MJ equivalentes y estará desglosado según el tipo de fuente del que se haya obtenido dicha energía, energía no renovable (nuclear y combustibles fósiles) y energía renovable (biomasa, hidráulica, eólica, solar y geotérmica).

- Consumo de agua, este cálculo se ha realizado a partir de los inventarios de consumo de agua, incluidos en los indicadores de la base de datos "Ecoinvent". No se han incluido los consumos de agua de las plantas de GCT que no están directamente asociados al proceso productivo de componentes, se expresa en gr/Kwh generado; los residuos (kg); compuestos Orgánicos Volátiles VOC.
- Toxicidad Humana, siendo muy difícil agrupar todos los posibles efectos tóxicos en un solo impacto. Generalmente, se distingue entre toxicidad para las personas (HTP) y toxicidad para los ecosistemas tanto acuáticos (FAETP y MAETP) como terrestres (TETP), ya que las vías de exposición en uno y otro caso son muy diferentes. La perspectiva temporal que se ha analizado para cada una de estas tres categorías de impacto ha sido de 20 años.

Si bien la evaluación del comportamiento ambiental se divide en cinco etapas [15], en este estudio solo se emplearon las dos primeras ya que el objetivo es obtener un informe gráfico comparativo del impacto de las diferentes categorías de impacto seleccionadas.

## 2.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

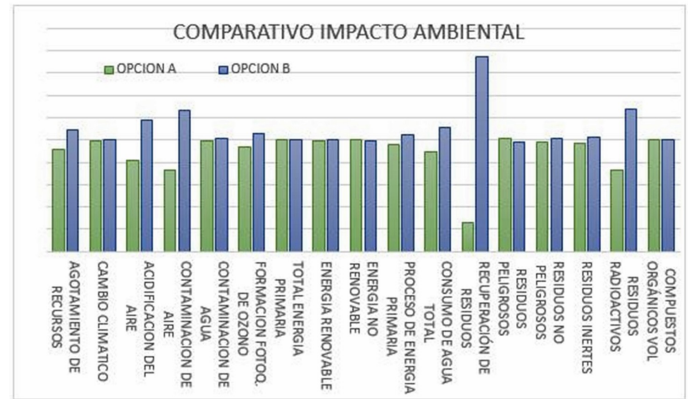
### 2.1.1. IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos ambientales de la misma tipología T1 al igual que la T3 que llevan aislamiento rígido EPS, frente a las T2 y T4 que llevan aislamiento semirrígido de lana mineral, se comprobó que las que llevan el tipo de aislamiento de lana de roca, tienen un mayor porcentaje de recuperación de residuos, pero son también las que más contaminan el aire y repercuten en mayor medida en la acidificación del agua, así como en la generación de residuos radioactivos. De manera análoga ocurre en la tipología V de propuestas.

Al comparar los impactos ambientales de las propuestas T con las propuestas V con el mismo tipo de aislamiento EPS. Es la tipología de propuesta de fachada ventilada, V, la que mayores impactos genera. Al repetir esta comparación cambiando el tipo de aislamiento de lana de roca los resultados son similares.

Los resultados muestran mayores impactos ambientales en las propuestas tipo V, siendo un poco mayores si cuando el aislamiento es lana roca y no EPS.

La evaluación ambiental a la vista de los resultados concluye que la fachada ventilada, V, es la que mayores impactos ambientales genera, según el gráfico de la figura 4.



OPCIÓN A = T1

OPCIÓN B = T2

Figura 4: Comparativo del Impacto ambiental con aislamiento EPS de la tipología T1 y de la tipología V1. Elaboración Propia

### 2.1.2. COSTES AMBIENTALES

Para la valoración monetaria se adoptaron los valores desarrollados en el método MMG2014 para los países de Europa Occidental que quedan recogidos en la tabla 1.

Su objeto consiste en expresar, en términos económicos, cómo se ve afectado el bienestar de las generaciones actuales y futuras por los impactos ambientales causados por las actividades o sistema objeto de estudio, en este caso, el sector de la edificación. Estos costes ambientales surgen cuando los costes y beneficios resultantes de las actividades sociales y económicas de un grupo de personas repercuten sobre otro, sin que el primer grupo tenga plenamente en cuenta dicha repercusión [16].

De cada uno de los indicadores ambientales obtenidos se obtuvo un factor de monetización, multiplicando cada uno por los valores recogidos en la anterior tabla. Al estar monetizados podemos sumarlos y obtenemos una única calificación global para cada tipo de fachada, arrojando unos valores de costes ambientales en euros y costes económicos en euros que facilitará la comparación y la toma de decisiones.

El factor de monetización nos indica el coste del daño al medioambiente y/o a los seres humanos para evitar el potencial de daño o compensarlos perjuicios causados [17].

### 2.2.1. RESULTADOS DE LOS COSTES AMBIENTALES

Los costes ambientales de las propuestas se compararon de igual forma primero por igual tipología y diferentes aislamientos y finalmente diferentes tipologías entre sí ofrecieron los resultados del gráfico de la figura 5.

Los resultados obtenidos no se correspondieron con los arrojados en los impactos ambientales ya que siendo menores

Indicador ambiental	Unidad	Central (€/unidad)	Inferior (€/unidad)	Superior (€/unidad)
ADP_non fossil	Kg Sb eq	1,56	0	6,23
ADP_fossil	MJ,valor calorífico neto	0	0	0
AP	Kg SO <sub>2</sub> eq	0,43	0,22	0,88
EP	Kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> eq	20	6,6	60
GWP	Kg CO <sub>2</sub> eq	0,1	0,05	0,2
ODP	Kg CFC 11 eq	49,1	25	100
POCP	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,48	0	6,6

Tabla 1 Valores desarrollados por el método MMG2014, para los países de Europa Occidental.

los impactos producidos por las propuestas de tipología T, al monetizar estos resultados son mayores los costes ambientales que producen esta tipología.

Siendo despreciable la diferencia por el tipo de aislamiento empleado. Analizando la tipología V de fachada se comprueba que los costes ambientales se incrementan

considerablemente guardando correlación al mayor impacto de esta tipología.

El coste ambiental es superior en la tipología V, al ser superiores los impactos ambientales que generan. Hay que destacar que uno de los resultados difiere de los demás y se atribuye a una imprecisión del modelo de análisis.

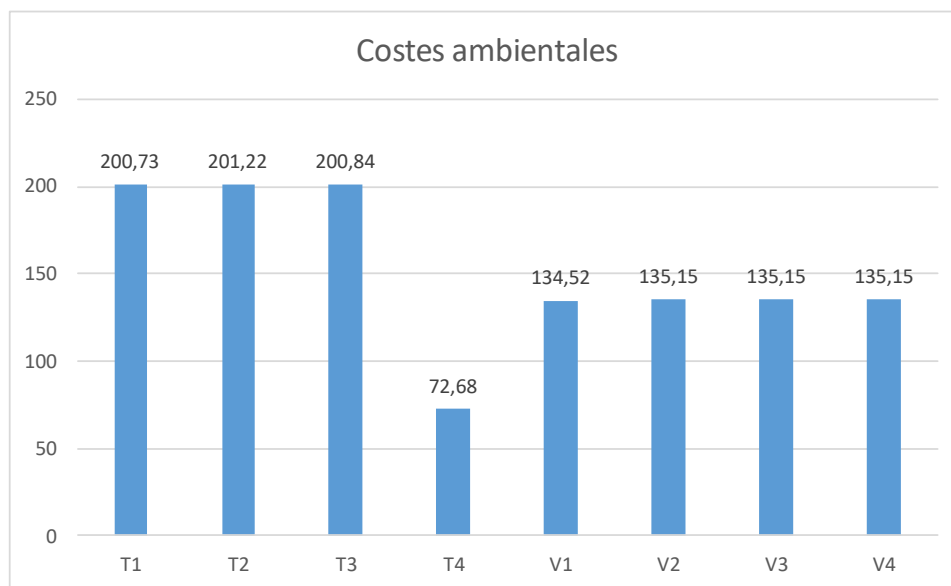


Figura 5: Comparativo de costes ambientales de las ocho propuestas de mejora de fachada en grupos por tipología T y V

### 3. EVALUACIÓN ENERGÉTICA

El procedimiento de cálculo empleado ha sido la herramienta simplificada de certificación Ce3X.V2.3. obteniendo unos balances de demanda energética y económicos, tanto del caso objeto de estudio como de las propuestas planteadas. Los resultados de ahorro en consume son los calculados por la herramienta informática Ce3X.V2.3 para cada una de las opciones seleccionadas.

La evaluación económica se realizará bajo el enfoque del CCV incluyendo el balance energético.

Al tomar como datos económicos los ahorros energéticos procesados por la herramienta certificadora la evaluación energética queda comprendida ya en el análisis CVV, por lo que se comparará el comportamiento ambiental y el económico al estar incluido el energético en este último.

En primer lugar, se estableció la transmitancia (UM) de la fachada de referencia a continuación se realizó el certificado energético del edificio en estudio. Considerando para ello datos conocidos de instalaciones y consumos energéticos obtenidos de las facturas del último año. Con los resultados obtenidos se realizó una verificación del cumplimiento de limitaciones de consume energético y de las transmitancias respecto al CTE.

A continuación se definieron las medidas de mejora en la envolvente del edificio en particular de la fachada que es la

parte del envolvente objeto de este estudio.

Los costes de las medidas de mejoras tienen unos costes que se obtuvieron de la Base de precios de CYPE. Se eligió esta base ya que aporta precios de mano de obra y mantenimiento decenal de los materiales necesarios para conocer la inversión realizada. Las diferentes propuestas dieron unos resultados de ahorro en consumo que se aplicaron para el cálculo de la recuperación de la inversión. Tomando para su cálculo el coste de interés del 1%.

Para el cálculo de las transmitancias se empleo el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y de la herramienta Econdensa comprobando que no existía discrepancia de resultados, obteniéndose los resultados de la tabla 2. En función de la zona climática el CTE, fija para cada elemento de la envolvente unos valores de transmitancia que no se podrán superar, [18], en función de la zona climática así como unos requisitos mínimos.

Todo lo anterior marca los valores que debe cumplir el edificio del estudio, recogidos en la tabla 3.

---


$$UM = 0,60 \text{ W/M}^2\text{k (Transmitancia térmica máxima)}$$


---

$$UM_n = 0,66 \text{ W/M}^2\text{k (valor límite de ransmitancia térmica media)}$$


---

Tabla 3: Valores de transmitancias que debe cumplir el edificio de estudio conforme al CTE DB-HE

TRANSMITANCIAS	W/M <sup>2</sup> k
U resultante modelo de referencia	0,65
U resultante T1	0,33 < Modelo
U resultante T2	0,32 < Modelo
U resultante T3	0,36 < Modelo
U resultante T4	0,33 < Modelo
U resultante V1	0,38 < Modelo
U resultante V2	0,34 < Modelo
U resultante V3	0,37 < Modelo
U resultante V4	0,33 < Modelo

Tabla 2: Transmitancias resultantes utilizando el Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación

### 3.1. RESULTADOS EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Posteriormente se establecería el tipo y espesor de aislamiento necesario para que la transmitancia de la fachada cumpla con valore límites del DB-HE1 del CTE en la fachada cumpla con valore límites del DB-HE1 del CTE en la parte HE1 [18], que establece la demanda límite de calefacción y refrigeración que debe cumplir un edificio cuando se actúa en más del 25% de la envolvente. Este valor límite depende del uso y de la zona climática en la que esté ubicado y es el resultado de la ecuación 1.

$$Cep, lim = Cep, base + Fep, sup / S$$

Ecuación 1: Limitación de la demanda energética del edificio según CTE HE1

Donde:  $Cep, lim$  -es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW·h/m<sup>2</sup>·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables;  $Cep, base$  -es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del CTE DHE0 Limitación del Consumo Energético ;cuantificación energética;  $Fep, sup / S$  -es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que toma los valores de la tabla 2.1 del CTE DHE0 Limitación del Consumo Energético; S - es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m<sup>2</sup>.

Así mismo el CTE DHE1 recoge la demanda de calefacción límite.  $Dcal, lim$ , cuyo valor es el resultante de la ecuación 2.

$$Dcal, lim = Dcal, base + Fcal, sup / S$$

Ecuación 2: Demanda de calefacción límite, pag. 8, CTE DBH1

Estos valores para el edificio de estudio son los recogidos en la tabla 4:

$Dcal, lim = Dcal, base + Fcal, sup / S$	
$Dcal, lim$ para edificio de referencia según cte	26,43 kWh/m <sup>2</sup> año
Demanda de calefacción del edificio de referencia	114,4 kWh/m <sup>2</sup> año

Tabla 4: Demanda de Calefacción límite según CTE DB-HE y Demanda de Calefacción real del edificio objeto de estudio

Al realizar el certificado energético del edificio y de las actuaciones propuestas se obtuvieron los resultados de la tabla 5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	W/M <sup>2</sup> k
Demanda de energía 1ª calefacción	0,65
Demanda de energía 1ª refrigeración	0,33 < Modelo
CONSUMO DE ENERGÍA 1ª	0,32 < Modelo
Consumo de gas natural según facturas	0,36 < Modelo
Consumo de electricidad según facturas	0,33 < Modelo

Tabla 5: Valores de Demanda y Consumo real del edificio de referencia, obtenidos al realizar el certificado energético del edificio.

De ellos se desprende que el edificio estudiado siguiendo la limitación de consume de energía del DH0, en cuanto a demanda de calefacción límite supera la establecida por el CTE.

### 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA BAJO EL ENFOQUE DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA (CCV)

Se ha empleado la metodología del CCV, como método que permite análisis comparativos de costes que se lleva a cabo en un periodo especificado, teniendo en cuenta todos los factores económicos relevantes, tanto en términos de coste de inversión como costes operacionales futuros, conforme a la norma europea UNE-EN 16627 (2015), versión europea de la Norma ISO 15686-5, que recoge los principios de cálculo para la evaluación del comportamiento económico de edificios, adaptándolos a la evaluación de la sostenibilidad en el contexto europeo.

El método empleado para el cálculo de costes y gastos ha sido el Valor Actual Neto (VAN), técnica básica de evaluación de inversiones.

En cualquier actuación de rehabilitación energética que se realice, se van a lograr unos ahorros energéticos importantes durante la vida útil del edificio. Pero para tomar la decisión si esta actuación es rentable debe conocerse también la inversión inicial y conocer si los ahorros que la rehabilitación va a conseguir son mayores que la inversión que se realiza.

El VAN se calcula como indica la ecuación 3.

$$VAN(r, N) = -CR - \sum_{t=0}^N \frac{C_{MR} (1+i_m)^t + C_{MI} (1+i_i)^t}{(1+r)^t} + \sum_{t=0}^N \frac{SG (1+i_g)^t + S_E (1+i_e)^t}{(1+r)^t} - \frac{C_{EOLN}}{(1+r)^N}$$

Ecuación 3: Formula del Valor Actual Neto. VAN

El Van nos sirve para comparar el valor de la inversión de la medida de mejora con valor negativo y el flujo de ingresos obtenidos actualizados, teniendo en cuenta un tipo de interés o coste de oportunidad determinado. Estos datos se obtienen del INE, de donde también se puede obtener el incremento anual del coste de la energía. El valor de la suma total es positivo.

Para poder realizar el cálculo del VAN primeramente se definieron algunos parámetros y posteriormente se explico como computan y como son tratados en el programa Ce3X.

Se emplearán valores reales en vez de nominales. Siguiendo las recomendaciones de La Norma ISO 15686-5 (2008). Es decir, aquellos en los que no se tiene en cuenta la inflación.

- ♦ Tasa de descuento real (r): La norma europea (UNE-EN 16627, 2015) recomienda el uso de una tasa de descuento real del 3%, por lo que fue el valor considerador en la evaluación.
- ♦ Tipo de interés o Coste de oportunidad: Es la tasa de retorno, el precio del dinero, el cual se debe pagar/cobrar por tomarlo prestado/cederlo en préstamo en una situación determinada. Este valor es el que emplea el programa Ce3x para calcular los resultados de la inversión.

Índice de Precios de Consumo (IPC): Hay parámetros como son, el incremento del precio de la energía, los materiales de construcción y la mano de obra, llevan incorporado el valor del IPC, por lo que son valores nominales. Para obtener los valores reales, es necesario calcular el IPC y pagar/cobrar por tomarlo prestado/cederlo en préstamo restar su valor, resultado de la ecuación 4.

$$i_g = \frac{1 + I_g}{1 + IPC} - 1$$

Ecuación 4: Valor nominal del precio de los materiales, empleado para el cálculo

Si el resultado obtenido es positivo, la inversión se considera rentable.

Para facilitar la comprensión de la fórmula anterior a modo de ejemplo se va a simplificar en la ecuación 5.

El incremento medio es del 2,3%, por lo que se ha adoptado este valor, según los datos recogidos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Incremento real del precio de los materiales de construcción y la mano de obra De acuerdo con los datos del INE, el incremento medio de los materiales de construcción es de 4.19% y el de la mano de obra es del 2,3 %.

- ♦ Evolución del precio de la energía

Los datos relativos al precio de la energía se han recogido de la base de datos de EUROSTAT (2015a, 2009a, 2015b, 2009b). Se ha seleccionado el precio para el

sector residencial, incluidos impuestos, pues lo que interesa en esta investigación es el coste para el usuario final. Se ha estudiado cómo ha sido dicho crecimiento en los últimos 10 años ya que no existen datos anteriores al 2003. El incremento medio de los últimos 10 años es del 5,95% para el gas natural y 7,62% para la Electricidad.

Los parámetros que recoge el programa de certificación:

- ♦ El Plazo de amortización simple o tiempo necesario en años para recuperar la inversión inicial determinado mediante el ahorro en energía conseguido mediante la implementación de las medidas de mejora sugeridas.
- ♦ El Valor Actual Neto -VAN- o rentabilidad obtenida actualizada al momento inicial y aplicando un descuento referido al riesgo asociado al proyecto o medida de mejora. Los parámetros económicos considerados, quedan recogidos en la tabla 6.

N (vida útil)	50 AÑOS
Consumo de gas natural según facturas	3%
Incremento anual del precio de energía	4,20%
Tipo de interés empleado CE3X	1%
Precio gas natural	0,07 €/KWh
Precio electricidad	0,18 €/KWh

Tabla 6: Parámetros económicos empleados en el cálculo

Si el resultado obtenido es positivo, la inversión se considera rentable.

Para facilitar la comprensión de la fórmula anterior a modo de ejemplo se va a simplificar en la ecuación 5.

$$VAN = C_0 + C_1/(1+r) + C_2/(1+r)^2 + \dots + C_n/(1+r)^n$$

Ecuación 5: Formula del Valor Actual Neto. VAN, simplificada

En nuestro caso, para analizar la inversión, la rehabilitación de una fachada, partimos con un valor Co correspondiente al coste de la ejecución, mano de obra, incremento de los precios de construcción y mantenimiento de la misma. Partimos de un valor negativo, ya que es un coste. A continuación, vamos sumando los beneficios de cada año de esa inversión, pero actualizados a día de hoy. Teniendo en cuenta que lo que dentro de unos años vale 30 euros, por ejemplo, hoy vale menos. Los beneficios anuales C1, C2, ... Cn se actualizan dividiendo su valor y teniendo en cuenta un interés -entre 0 y 1- r de actualización. Si aumento el valor del incremento anual del precio de la energía, el VAN aumenta en la pestaña de resultados, ya que aumentarán los ingresos obtenidos cada año debido al ahorro obtenido en consumo de energía. Si aumento el tipo de interés, el VAN se reduce. Si es demasiado alto, habrá un límite a partir del cual, el VAN será negativo.

Se ha considerado como datos válidos los que se obtienen del ahorro producido por las distintas propuestas estudiadas. Al

tratarse de un modelo que busca una aproximación que facilite la toma de decisiones.

Los resultados de las medidas de mejora realizadas en el certificado energético se recogen en la tabla 7.

PROPUESTAS	COSTE €/m2	AHORRO		RETORNO DE INVERSIÓN		
		Gas	Elect.	Gas 100%	Elect. 100%	Gas 50% Elect. 50%
T1	47,57	4,9	0,13	4	> 50 años	2
T2	56,01	15,7	0,12	4	> 50 años	3
T3	65,77	11,3	0,11	5	> 50 años	5
T4	71,22	12,4	0,11	6	> 50 años	6
V1	166,69	14,9	0,14	11	> 50 años	11
V2	172,45	15,7	0,12	11	> 50 años	11
V3	184,9	14,9	0,14	11	> 50 años	11
V4	190,64	15,7	0,12	11	> 50 años	10

Tabla 7: Valores de los ahorros en las propuestas de mejoras y del Van

Aumento del precio del Gas	0,017
Aumento del precio de la Electricidad	0,025
Tipo de interés	1%

Tabla 8: Valores empleados en los cálculos

Conocido el balance energético se calcula el coste de cada una de las medidas y el ahorro que cada una de ellas supone en el consumo. Para calcular el retorno de la inversión se ha tenido en cuenta el aumento del precio del gas y de la electricidad, así como el tipo de interés. El resumen de precios empleados en los cálculos se recogen en la tabla 8.

#### 4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Los resultados obtenidos son sobre el edificio global para obtener los ahorros que las propuestas generan hay que tener en cuenta que la ratio de fachada sobre la superficie útil del edificio es del 0.37.

Los costes de cada propuesta con sus ahorros, años de amortización y Van a 50 años son los descritos en la tabla 9.

PROPUESTAS	COSTE €/m2	AHORROS CONSUMO €/m <sup>2</sup> año	AÑOS AMORTIZACIÓN	VAN
T1	47,57	15,03	2,5	1,55
T2	56,01	15,85	4,5	1,8
T3	65,77	11,42	5,5	2,14
T4	71,22	12,52	5,5	2,3
V1	166,69	15,03	10,5	5,4
V2	172,45	16,09	10,5	5,6
V3	184,9	16,09	11	6,03
V4	190,64	16,09	11	6,22

Tabla 9: Resultados del certificado energético realizado con la herramienta Ce3X

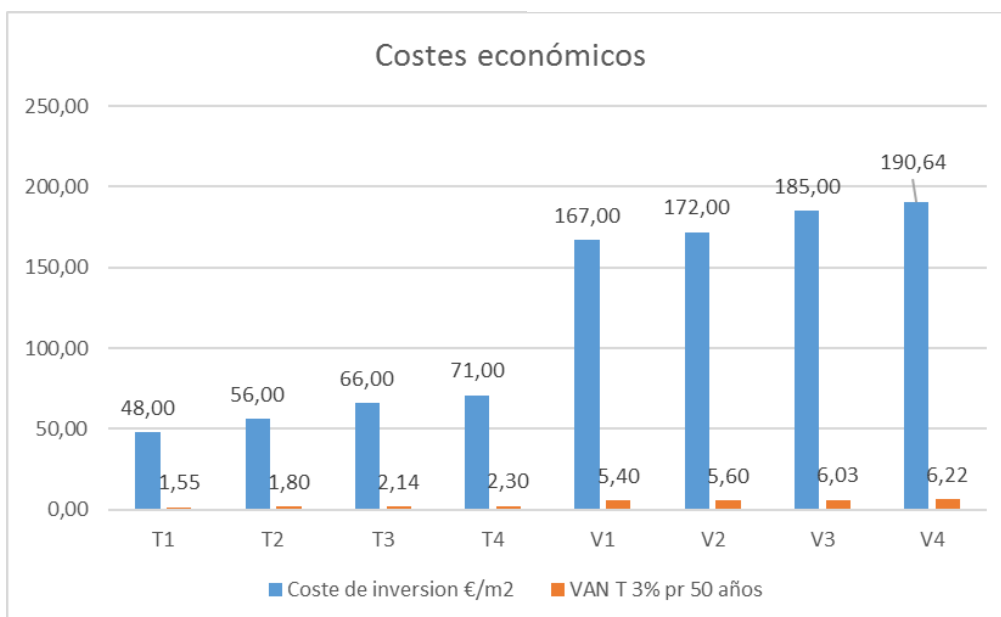


Figura 6: Comparativo de Costes económicos de las ocho propuestas

El análisis económico al comparar los costes económicos de todas las fachadas no presenta diferencias notables en los valores del Van que puedan dirigir la decisión por una u otra actuación. Los costes económicos resultantes se han recogido en el gráfico de la figura 6.

Corresponden mayores valores en aquellas que se ha tenido que realizar mayor inversión económica, las propuestas de tipología V, de fachada ventilada cuyo coste de inversión es superior al de la fachada tradicional. A la vista del análisis ambiental y costes económicos y ambientales la opción de fachada ventilada es la mejor opción en cuanto a resultado ambiental no en cuanto a resultado económico. Hay que considerar un factor de gran importancia en la fase de uso del edificio, el ahorro en el consumo y que con el que se completaría el análisis.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones ambientales y económicas indican que en una primera aproximación la opción de rehabilitación más correcta de las propuestas T o V, sería la propuesta V. Pero si el que va acometer la fachada es un inversor particular, según el objetivo final, de ahorro en costes puede decantarse por la tipología T en perjuicio de la sostenibilidad, considerando que es una inversión amortizada en menos tiempo y que los ahorros no son tan importantes como para determinar un aumento de la inversión. Hay que subrayar que no se han tenido en cuenta otros factores como son la repercusión de los metros útiles que gana el edificio por el interior con las propuestas de tipología V, ganancia no despreciable. Tampoco se ha considerado el cambio de demanda que, a lo largo de la vida útil del edificio, 50 años necesariamente va a cambiar con la sustitución de instalaciones que han servido para el cálculo de los ahorros, ni se ha contemplado otros factores como el sujeto que realiza la inversión, privada o pública, en resumen, la intervención adecuada requiere de estudiar más factores que intervienen en la edificación y en su vida útil.

## 5. CONCLUSIONES

El modelo de análisis ha comparado los aspectos que se perseguían en este estudio, ambientales, con la evaluación singularizada de los aspectos energéticos, y económicos.

El objetivo principal de comparar los impactos ambientales y económicos de los tipos de fachada estudiadas en las etapas de la cuna a puerta, singularizándolo con una evaluación energética se ha llevado a cabo.

La evaluación ambiental de las propuestas se desprende:

- ♦ Los impactos ambientales son mayores en las propuestas de tipología de fachada ventilada, tipo V que las propuestas de fachada tradicional, tipo T. Con pequeñas variaciones según el aislamiento empleado siendo peores los resultados si se emplea lana de roca.
- ♦ Los costes ambientales generados por los impactos ambientales, sin embargo, difieren de los mismos. Al monetizar esos impactos, siguiendo la metodología MMG2014, se observa que el coste ambiental no se corresponde con los valores de impacto ambiental. Esto es

debido a que, a cada impacto, se le asigna un valor normalizado que pondera cada impacto ambiental según el coste económico que genera. Por lo que, la evaluación ambiental de un modelo de fachada queda incompleta sino se evalúan los costes ambientales generados.

- ♦ Aquellos impactos ambientales, que en los gráficos muestran mayor valor, no tienen tanto peso como el real y al monetizarlos el coste ambiental es muy inferior al de las propuestas de fachada tradicional, tipo T.
- ♦ En cuanto a la evaluación económica en las fachadas ventiladas tipo V, es mayor que la realizada en las de la tipología T y los ahorros energéticos que proporcionan las fachadas tipo V, siendo mayores que los obtenidos en la tipología T, no arrojan valores de Van significativos para que se justifique su empleo frente a la tipología T.
- ♦ Habría que añadir, la repercusión que supone la ganancia de metros cuadrados útiles, en el interior, que solo tiene lugar en las propuestas V y no se ha considerado en la evaluación. A la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir, que es necesario incorporar la dimensión ambiental al análisis económico, ya que únicamente el resultado energético aportaría una conclusión sesgada del comportamiento de la fachada. Y por lo tanto confirma el supuesto de la necesidad de evaluar de forma completa el comportamiento de la fachada buscando la solución mas sostenible.
- ♦ El modelo de análisis estudiado consigue el objetivo de evaluar los tres aspectos de la fachada por lo que se muestra como un modelo válido.

Los resultados obtenidos confirman la necesidad de incorporar en la evaluación las dimensiones económicas y sociales. Siendo importante no desligar ningún aspecto para evaluar el comportamiento global en el edificio, aunque sea una actuación localizada en una zona del mismo como ocurre en este estudio.

## 6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Buscar la simplicidad a través de tantos parámetros es difícil, pero encontrar un modelo de análisis que sirva de aproximación puede ser el primer paso para el desarrollo de un modelo de evaluación global en la edificación. Si bien el modelo se ha demostrado válido se encontraron una serie de limitaciones, el empleo de la herramienta multicriterio, principalmente han sido el no poder acceder a datos fiables y representativos. Es importante señalar que la evaluación al nivel de producto no posibilita incorporar al análisis el enfoque funcional de forma adecuada, por lo que los resultados de esta evaluación, tal y como son expresados en las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP), representan básicamente la información modular que ha sido empleada para la evaluación. La comparación directa de productos, sin considerar de forma adecuada su contexto funcional, puede conducir a conclusiones erróneas. En cuanto al desarrollo de la herramienta imprecisiones del cálculo a la hora de calcular transmitancias, ha dificultado la sistematización de la

sistematización de la herramienta. Como línea de futuro sería más correcto incluir como valores característicos la conductividad del elemento. Igualmente, la aproximación numérica hace que los resultados obtenidos no sean exactos a los resultados de transmitancias calculados por el Catálogo de Elementos Constructivos y el econdensa. Errores que se arrastran al calificar energéticamente el edificio modelo en la herramienta Ce3X, y que hace que la precisión de los ahorros pueda variar.

Por otro lado, en las DAP no se han podido obtener valores de contaminación del agua y del aire en los mismos parámetros que se expresan en los índices de la metodología GGM2014, no pudiendo sumar sus valores a los costes ambientales. La normalización del empleo del método de CCV, en un futuro facilitará la incorporación de más datos a las ecoetiquetas que faciliten su empleo.

Los resultados obtenidos dejan constancia de que son más factores los que se deben tener en consideración al prescribir el tipo de actuación. Todas las propuestas analizadas tienen similares transmitancias, las pequeñas variaciones son debidas a la mayor o menor conductividad del aislante utilizado sin embargo el análisis energético realizado con la herramienta energética Ce3X da mayor peso a la inercia térmica por el interior y eso se traduce en mayor ahorro energético de la fachada tradicional. Sería conveniente cambiar la herramienta de certificación por otra que no tuviese estas limitaciones.

Al ser un modelo simplificado obvia la importancia del soleamiento no diferenciando la orientación de las fachadas y las pérdidas y ganancias que en estas se producen en los picos de verano e invierno al mismo tiempo el perfil de uso de cada edificio debe ser considerado en particular variando de manera considerable los resultados de consumo. Queda de manifiesto que, siendo estos aspectos analizados de gran relevancia, tener en cuenta una solo de ellos puede llevar a elegir la opción menos correcta. Es necesario que a la hora de analizar una edificación se haga de una forma global teniendo en cuenta todos aspectos posibles, ya sean sociológicos, medioambientales, económicos.

## 7. REFERENCIAS

- [1] B. Rivela Carballal, Propuesta Metodológica de aplicación sectorial de análisis de ciclo de vida (ACV) para la evaluación ambiental de la edificación en España.
- [2] «The Copenhagen Climate Change Conference raised climate,» de UNEP-SBCI, Key Messages and Priorities for COP 15, p.4., Copenhagen, 2009.
- [3] C. Brundtland, «Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo,» Oxford University Press, 1987.
- [4] G. d. Vicentiis, La evolución del concepto de desarrollo sostenible, Proyecto de Investigación financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad DER 2010-18571 Régimen jurídico de los recursos naturales bajo la dirección del Profesor Dr. Roberto Galán Vioque. , 2012.
- [5] M. d. Fomento, España, 2014.
- [6] B. d. España, 2016.
- [7] I. N. d. Estadística, 2015.
- [8] O. Pombo Rodilla, Análisis Multicriterio de la Eficiencia de medidas de

Rehabilitación de viviendas mediante el enfoque del ciclo de vida. Propuesta Metodológica., Madrid, 2016.

[9] Johan Rockström; Will Steffen; Kevin Noone; Åsa Persson; F. Stuart III Chapin; Eric Lambin; Timothy M. Lenton; Marten Scheffer; Carl Folke; Hans Joachim Schellnhuber; Björn Nykvist; Cynthia A. de Wit; Terry Hughes; Sander van der Leeuw, «Límites planetarios: explorar el espacio operativo seguro para la humanidad Available: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>,» 2009. [Último acceso: 10 08 2016].

[10] N. García, Trabajo Fin de Máster :Modelo de análisis comparativo de costes ambientales, económicos y energéticos de una fachada basado en el enfoque del Análisis del Ciclo de Vida, Máster en Innovación Tecnológica en Edificación .Escuela Técnica Superior de Edificación, 2016.

[11] A. B. J. G. V. B. K. L. G. Clara Jiménez, Informe relativo a herramienta comparativo de impacto ambiental Máster Universitario de Innovación Tecnológica en Edificación Escuela Técnica Superior de Edificación Universidad Politécnica de Madrid, 2016.

[12] M. d. Fomento, CTE DB-HE, 2016.

[13] M. d. Economía, OREDEN ECO 805/2003, España, 2003.

[14] I. d. C. A. (CML), EN 154804:2012+a1:2013, Leiden, Países Bajos, 2012.

[15] Inhobe, Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto, País Vasco, 2009.

[16] European Commission, Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones de 8 de julio de 2008 - Estrategia para la aplicación de la internalización de los costes externos, 2008.

[17] Allcker, The need for a comprehensive and consistent approach in sustainability assessment of buildings - the EC Product Environmental Footprint., 2013.

[18] N. M. d. Vivienda, CTE DB-HE1.TABLA 13;ART.15.1.PARTE 1, ESPAÑA, 2016.

[19] P. I. D. C. Climático, «V Informe, cambio climático 2014, Impactos, adaptación y vulnerabilidad, RPP,» Christopher B. Field, Vicente R. Barros, SUIZA, 2014.

## WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

**B**uilding & Management is an open access scientific e-journal promoted by the School of Building Engineering (ETSEM) of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM) and published every four months, three times a year, March, July and November. It aims at the dissemination of high quality original works related to the management of processes associated to buildings, in any phase of their development, where various agents in the sectors of architecture, engineering and construction participate.

### 1. JOURNAL AIMS AND SCOPE

Topics of interest include all the theoretical, methodological and/or practical advances, in building management --one or several processes-- within any life phase of the building. These could be developed at the academic or professional level.

This magazine is addressed to all the interveners of the building sector. For its better diffusion title, abstract, highlights and keywords of the articles will be published in English and Spanish, and the body is allowed in both languages. English is preferred.

The content will consist primarily of original research manuscripts. However B&M is also open to the publication, always within the scope of the magazine, of: review articles, technical reports, best practices, conference papers, fast-track communications, letters to the editor, states of the art and book reviews. Academic-scientific content must prevail in all occasions.

### 2.2 BLINDED PEER-REVIEW PROCESS

The Editorial Board of the magazine, after verification that the article complies with the rules on style and content indicated in the guidelines for authors, sent the text, as double-blind model, to two anonymous external expert reviewers within the specific field, for its evaluation, or to a third if necessary.

Authors will be informed about the initial acceptance or rejection within a month. The evaluation will focus in the interest of the article, its contribution to knowledge of the subject treated, the contributed novelty, the established relationships, critical judgment, developed content, structure, use of bibliographic and references that are handled properly, wording, etc. Indicating recommendations for its possible improvement.

Based on the recommendations of the reviewers, the Editorial Board will inform authors the reasoned result of reports by email, at the address they have used to send the article. The revision process lasts approximately three or four months, without any cost for authors.

The Editorial Board will communicate the result to the principal author of the review (published unchanged, with minor corrections publication, publication with important fixes, not

**B**uilding & Management es una publicación de gestión en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Se trata de una revista digital científica abierta con periodicidad cuatrimestral (marzo, julio, noviembre), que tiene como primer objetivo la divulgación de trabajos originales sobre gestión de los procesos vinculados a la edificación, desarrollados por los sectores de la Arquitectura, Ingeniería y construcción en cualquiera de las fases del ciclo de vida del edificio.

### 1. TEMÁTICA Y ALCANCE DE LA REVISTA

Los temas de interés incluyen todos los avances teóricos, metodológicos y/o empíricos, a nivel académico o profesional, en la gestión de uno o varios procesos dentro de cualquiera de las fases de vida del edificio.

Esta revista va dirigida a todos los agentes del sector de la edificación. Para su mayor difusión el título, resumen, titulares y las palabras clave de los artículos se publican en inglés y en español y el cuerpo del artículo se admite en ambos idiomas dando preferencia al inglés.

El contenido estará formado fundamentalmente por artículos científico-técnicos originales, no obstante, de igual forma y siempre dentro del ámbito de alcance de la revista, B&M también está abierta a la publicación de: artículos de revisión, informes técnicos, buenas prácticas, comunicaciones en congresos, comunicaciones cortas, cartas al editor, estados del arte y reseñas de libros. En todos los casos deberá primar el contenido científico académico, ajustándose al formato de este tipo de publicaciones.

### 2.2 REVISIÓN POR PARES DOBLE CIEGO

Los trabajos presentados serán sometidos a una revisión inicial por parte del comité editorial. Los autores de los manuscritos enviados serán informados de la aceptación inicial para su revisión o del rechazo de su artículo en el plazo de un mes de la recepción del mismo.

Si sus contenidos son adecuados serán enviados para una revisión por pares realizada por expertos independientes y de reconocido prestigio, y por un tercero en caso necesario, ajustándose a los protocolos de publicaciones científicas seriadas. Los evaluadores serán seleccionados por el Comité de Redacción en función de su trayectoria investigadora.

Las revisiones por pares se realizarán por un test de doble ciego gestionado online. La valoración incidirá sobre el interés del artículo, su contribución al conocimiento del tema tratado, las novedades aportadas, las correctas relaciones establecidas, el juicio crítico desarrollado, la estructura del contenido, los referentes bibliográficos manejados, su correcta redacción, etc., indicando recomendaciones, si las hubiera, para su posible mejora.

If the manuscript has been accepted with modifications, authors should resubmit a new version of the article, following demands and suggestions of the external evaluators. If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

Articles with significant corrections may be sent back to blind peer review to verify the validity of changes made by the author.

Considering the degree of compliance with changes requested, the Board shall decide whether or not the publication of the article. This decision shall be communicated to the author by the Editorial Board and in case of publication the manuscript will be dated as accepted.

### 3. SUBMITTING A MANUSCRIPT

#### 3.1. FORMAT

Building & Management is an open access publication. Articles will be published online in PDF format, and will be available for free to readers immediately after publication online, without any restriction, at the following electronic address: [http://polired.upm.es/index.php/building\\_management/](http://polired.upm.es/index.php/building_management/)

The Universidad Politécnica de Madrid reserves the right to distribute the complete numbers as an electronic book for its sale, either in PDF format, ePub or in any other electronic possible format, now or in the future, and / or paper format in print on demand. These alternative formats will have identical content and will be subject to the same copyright as the individual articles in the digital edition, and will be considered equivalent for all purposes.

#### 3.2. SUBMITTING PROCESS

All manuscripts will preferably be written in English or Spanish. Submitted manuscripts will undergo a reviewing process, starting with a linguistic review. Manuscripts with a poor quality in this regard will be returned without evaluation. The submission of a manuscript implies that all co-authors have approved and accepted the content of the submitted text, tables, graphic material and any other complementary material supplied. The corresponding author will be responsible for all the co-authors to correct information about the manuscript. All submissions must be accompanied by a signed letter stating the originality and unpublished nature of the content of the manuscript, and their assurance that it has not been simultaneously sent to another publication for its evaluation. The letter can be downloaded at <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

El consejo editorial decidirá si el manuscrito es aceptado o rechazado basándose en los informes y recomendaciones de los evaluadores externos. El proceso de evaluación tiene normalmente una duración aproximada de entre tres y cuatro meses y no tiene ningún coste para los autores. Todos los informes de evaluación se enviarán a los autores, manteniendo el anonimato (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación). En el caso de la aceptación del artículo, los autores deberán considerar los comentarios realizados por los evaluadores y volver a enviar el trabajo con los cambios oportunos. El proceso de revisión se repite, manteniendo el anonimato. En caso que la segunda revisión de los evaluadores sea de nuevo favorable, será probable que el artículo se acepte para su publicación definitiva. Cuando ésta se produzca, al trabajo se le asignará una fecha de aceptación.

### 3. ENVÍO DE MANUSCRITOS

#### 3.1. FORMATO

Building & Management es una publicación en línea de libre acceso. Los artículos serán publicados en línea en formato PDF, y estarán disponibles de forma gratuita para los lectores inmediatamente después de su publicación en línea, sin ninguna restricción en la siguiente dirección electrónica: [http://polired.upm.es/index.php/building\\_management/](http://polired.upm.es/index.php/building_management/) La Universidad Politécnica de Madrid se reserva el derecho de distribuir para su venta los números completos como libro electrónico, ya sea en formato PDF, ePub o en cualquier otro formato electrónico posible en el presente o en el futuro, y/o en formato papel en impresión bajo demanda. Estos formatos alternativos tendrán un contenido idéntico y estarán sujetos a los mismos derechos de autor que los artículos individuales en la edición digital, y serán considerados equivalentes a todos los efectos.

#### 3.2. ENVÍO DE MANUSCRITOS PARA SU EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

Los manuscritos estarán redactados preferentemente en Inglés o Español. Los manuscritos enviados serán revisados en primer lugar desde el punto de vista lingüístico. Los manuscritos con un nivel de calidad deficiente en este aspecto serán devueltos sin ser evaluados. El envío de un manuscrito implica que todos los coautores han aprobado y aceptado el contenido del texto remitido, las tablas, el material gráfico y cualquier otro material complementario suministrado. El autor designado como persona de contacto será responsable de que todos los coautores dispongan de información correcta sobre el manuscrito enviado. Todos los envíos deberán ir acompañados de una carta firmada indicando el carácter original e inédito del contenido del manuscrito, y que el mismo no ha sido enviado simultáneamente a otra publicación para su valoración. La carta se puede descargar en <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

### 3.3. MANUSCRIPT

To help authors to prepare the manuscripts a standard template can be downloaded at [http://polired.upm.es/public/journals/22/Author\\_template\\_BM.docx](http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_BM.docx)

### 3.4. MANUSCRIPT DELIVER AND ACCEPTANCE

All proposed contents will be related to the objectives of the journal and will have to adhere to the rules contained in the following sections. Manuscripts will be sent to the following email address: [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Papers will be written in Spanish or English. Manuscripts should be between 6000 and 8000 words in length, including abstract, key words, highlights, references, etc. Each table or figure will be considered equivalent to 200 words.

### 3.5. MANUSCRIPT ADMISSION

All manuscripts received will be evaluated through a double-blind system. Suggestions will be sent to the authors to make the necessary modifications. Only original manuscripts that have not previously been published in other journals will be accepted.

### 3.6. TITLE

The title should be concise, informative, meaningful to the whole readership of the journal and will be written in English and Spanish. The name and surname of the author(s) and the company, university or research center, as well as the e-mail address, will be indicated below.

### 3.7. ABSTRACT

The articles will include a summary in English and Spanish (between 200 and 300 words) that clearly state the objectives, the approach and conclusions of the research.

### 3.8. KEYWORDS AND HIGHLIGHTS

Between 4 and 6 keywords in Spanish and English will be included, as well as 3 to 5 headlines (phrases that define the most important issues of the article, with no more than 85 characters each, spaces included).

### 3.9. PRODUCTION AND SUBMISSION

Writing clear, concise sentences. Proposals will be sent to the e-mail address [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es) in electronic format. The text will be sent in a file in .doc format, including the images in the desired place. Articles will be accepted in English and Spanish. When the text is written in English, Sending either the title or the abstract in Spanish will not be necessary.

### 3.3. PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Para ayudar a los autores en la preparación de sus manuscritos existe una plantilla que se puede [http://polired.upm.es/public/journals/22/Author\\_template\\_BM.docx](http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_BM.docx)

### 3.4. ENVÍO Y ACEPTACIÓN

Los trabajos para publicar estarán relacionados con los objetivos de la revista y tendrán que ceñirse a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo enviar los trabajos a la dirección de correo electrónico [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es). Los trabajos se redactarán en español o en inglés, con una extensión entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, titulares, referencias, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una.

### 3.5. ADMISIÓN DE ORIGINALES

Todos los originales recibidos serán evaluados mediante el sistema de doble ciego cuyas sugerencias se enviarán a los autores para que realicen las modificaciones pertinentes. Sólo se aceptarán trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente en otras revistas.

### 3.6. TÍTULO

El título de los trabajos será conciso e informativo y expresará su contenido, en inglés y en español. Seguidamente se indicará nombre y apellido del autor o autores, organismo o centro de trabajo y dirección de correo electrónico.

### 3.7. RESUMEN

Los artículos deberán ir acompañados de un resumen en inglés y en español (entre 200 y 300 palabras) que con toda claridad señale los objetivos, el planteamiento y conclusiones del trabajo.

### 3.8. PALABRAS CLAVE Y TITULARES

Se incluirán entre 4 y 6 palabras clave en inglés y en español, así como 3 a 5 titulares (frases que definen lo más importante del trabajo, con no más de 85 caracteres incluyendo espacios cada una).

### 3.9. REDACCIÓN DEL TEXTO Y PRESENTACIÓN

La redacción será clara y concisa. Los trabajos se enviarán a la dirección de correo electrónico [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es) en formato electrónico. El texto se enviará en un archivo en formato Word, incluidas las imágenes en el lugar deseado. Los trabajos se admitirán en inglés y en español. Cuando el texto esté redactado en inglés, no será necesario mandar ni el título ni el resumen en español.

### 3.10. REFERENCES

References must be limited to those indispensable that are directly related to the article's content. Citations in the text and references will meet the IEEE standard format. There should be no less than 25 references and at least 30% of them from the last 4 years.

#### ◆ Books

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, Multidimensional Systems, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

#### ◆ Journal articles

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Brujin networks and suffflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

#### ◆ Technical report

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

#### ◆ Master End Project or PhD thesis

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway,NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

#### ◆ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

### 3.11. TABLES, FIGURES AND GRÁPHICS

The number of tables and figures should be limited by sending only those that are really useful, clear and representative. They will be numbered correlatively according to the quotation in the text and each one will have its caption. They will be placed in the right place of the text.

Tables and figures should be designed in Word or Excel, so that they are visible when conforming to the format of 8.8 cm (width of 2 columns) presenting a good contrast so that they do not lose quality with the reduction. If necessary, once the article has been accepted, the journal may ask the corresponding author separately for tables and figures with better resolution. Sources must be included, when necessary, for tables, figures.

The resolution of pictures should not be less than 300 dpi (dots per inch). If the size of the final file is too large (more than 10 MB), then the manuscript should contain the figures with minimized resolution, and the original figures must be provided in separate files, if the article is accepted.

### 3.10. REFERENCIAS

Las referencias deberán reducirse a las indispensables que tengan relación directa con el trabajo enviado. Las citas en el texto y las referencias consignadas seguirán el formato IEEE. Se propone un número de citas no inferior a 25, con el 30% de las mismas publicadas en los últimos cuatro años.

#### ◆ Libros

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, Multidimensional Systems, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

#### ◆ Artículos de revistas científicas

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Brujin networks and suffflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

#### ◆ Informes técnicos

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

#### ◆ Trabajo fin de máster o tesis doctoral

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway,NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

#### ◆ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

### 3.11. TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

El número de tablas y figuras deberá limitarse en lo posible enviando sólo las que sean realmente útiles, claras y representativas. Estarán numeradas correlativamente según la cita en el texto y cada una tendrá su pie explicativo. Se colocarán en el lugar adecuado del texto. Las tablas y figuras deben ser diseñadas en Word o Excel, de forma que sean visibles al ajustarse al formato de 8,8 cm (ancho de 2 columnas) presentando un buen contraste de forma que no pierdan calidad con la reducción. En caso de ser necesario, una vez aceptado el artículo, la revista podrá volver a solicitar tablas y figuras por separado y con mejor resolución. En las tablas, figuras e imágenes que no sean del autor se deberán citar las fuentes.

La resolución de las imágenes no será inferior a 300 puntos por pulgada. Si el tamaño del archivo final es demasiado grande (superando los 10 MB), si el artículo es aceptado, se enviará el manuscrito conteniendo en su posición las figuras con una resolución inferior y se aportarán las figuras con máxima resolución en archivos independientes.

### 3.12. FORMULAS AND EQUATIONS

Formulas should be inserted and not embedded as an image in the Word document at all. They will be numbered in parentheses in correlative order, following the text citation order, done using the same notation.

### 3.13. LAYOUT

Authors will receive a layout PDF proof that should be reviewed within a maximum period of three days. Modifications of the original text will not be accepted during the proofreading.

### 3.14. CHECKLIST BEFORE SUBMITTING

As part of the submission process, authors are required to indicate that their submission complies with all of the following elements, and to accept that submissions that do not comply with these guidelines may be returned to the author.

1. The submission has not been previously published nor been reviewed simultaneously by another journal (Or an explanation has been provided in "Comments to the editor").
2. The file sent is in Word format.
3. The template available on the journal's website has been used and the rules set out have been followed.
4. The authorship declaration is being signed by the author and all the coauthors and attached with the manuscript file in the submitting e-mail to the Editor to [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es)
5. The text meets the bibliographic and style requirements indicated in the template available on the journal's website.
6. Description of the last check that must be made before sending the article, in order to avoid the most common errors:
  - ◆ There is a list of the names of all the authors using superscript numeric identifiers to link an author with an address and institution where necessary.
  - ◆ It can be find the institution followed by the full postal addresses (including e-mail) of every author.
  - ◆ Title, abstract, highlights and Keywords are included in English and Spanish.
  - ◆ The main text has 6000 to 8000 words, including abstract, keywords, etc., and also figures and graphics with an equivalence of 200 words for each.
  - ◆ The abstract has 200 to 300 words.
  - ◆ It has 4 to 6 Keywords and It has been selected 3-5 highlights with the main information of the manuscript, each

### 3.12. FÓRMULAS Y/O EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Deberán insertarse en el propio documento Word y en ningún caso incrustado como imagen. Se numerarán entre paréntesis por orden correlativo, siguiendo el orden de la citación en el texto, que utilizará las misma nomenclatura.

### 3.13. PRUEBAS

Se enviará a los autores la prueba de maquetación en PDF que deberá ser revisada en un plazo máximo de tres días. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original.

### 3.14. LISTA DE COMPROBACIÓN DE PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, se les requiere a los autores que indiquen que su envío cumpla con todos los siguientes elementos, y que acepten que envíos que no cumplan con estas indicaciones pueden ser devueltos al autor.

1. El envío no ha sido publicado previamente ni está dentro del proceso de revisión de otra revista (o se ha proporcionado una explicación en "Comentarios al editor").
2. El fichero enviado está en formato Word.
3. Para la redacción del manuscrito se ha utilizado la plantilla disponible en la web de la revista y se han seguido las normas expuestas.
4. Se ajunta, junto al artículo, el formulario de declaración de autoría disponible en la página web de la revista debidamente relleno y firmado a la dirección de email [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es)
5. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Normas para autoras/es, que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
6. Descripción de la última comprobación que debe realizarse antes de enviar el artículo, con el fin de evitar los errores más comunes:
  - ◆ Aparecen los autores con nombres y apellidos o declaración de autor institucional, utilizando el identificador numérico para cada autor.
  - ◆ Aparece la entidad a la que está adscrito el autor o los autores y sus datos de contacto (incluido e-mail).
  - ◆ Se ha expresado el título, el resumen, las palabras claves y los titulares, en español y en inglés.
  - ◆ El número de palabras es de entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una.
  - ◆ La extensión del resumen se adecua a las normas de publicación (entre 200 y 300 palabras).

- ◆ Tables, diagrams and figures are entered in a borderless text box, including inside the figure caption in the lower part the table foot and are placed and cited in the text in consecutive numerical order
- ◆ The list of references are made according to the reference requirements of the Journal, and at least the 30% of them are dated in the last four years.
- ◆ Authors' short biography with 50 to 75 words is included.
- ◆ The author has the permission to use the material with rights of another author, even if it is in the Web.

Any inquiry regarding the submission of the article can be resolved in the first instance on the website of the magazine. For other inquiries, the magazine contact email is available: [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es)

#### 4. COPYRIGHT

The originals of Building & Management magazine are property of the Universidad Politécnica de Madrid, being necessary to cite the origin of any partial or total reproduction.

All the original articles published in Building & Management are subject to discussion and comments from our readers. Opinions should be sent to the journal's email address, within a period of three months, starting from the date of publication.

Authors retain the copyright of the papers and ensure B&M the right to have a Creative Commons license, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), that allow others to share the article within an author recognition and non commercial use.

Authors can also establish independently additional agreements for the not exclusive distribution of the article published versión in the e-journal (as, for example, to place it in an institutional repository or to publish it in a book).

Unless otherwise indicated, all contents of the electronic edition of Building & Management are distributed under a Creative Commons license and distribution.

#### 5. PRIVACY STATEMENT

The personal data provided to in this journal will be used exclusively for the purposes stated by Building & Management and will not be available for any other purpose or another person.

- ◆ El número de palabras clave son entre 4 y 6, y los highlights entre 3 y 5 con 85 caracteres incluidos espacios.
- ◆ Todas las tablas y figuras están insertadas en cuadros de texto, con su correspondiente leyenda, en la parte inferior de las mismas.
- ◆ Todas las referencias citadas en el texto, están referenciadas al final del artículo y viceversa. Y se nombran en orden de aparición.
- ◆ Todas las referencias están en el formato adecuado y el 30% de las mismas están fechadas en los últimos 4 años.
- ◆ Incluye el perfil académico y profesional del autor/es (entre 50 y 75 palabras)
- ◆ El autor dispone del permiso para usar el material con derechos de otro autor, incluso si está en la Web.

Cualquier consulta relativa a la presentación del artículo, puede resolverse en primera instancia en la página web de la revista. Para otras consultas, se dispone del correo de contacto de la revista: [bm.edificacion@upm.es](mailto:bm.edificacion@upm.es)

#### 4. NOTA DE COPYRIGHT

Los originales de la revista Building & Management, son propiedad de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo necesario citar la procedencia de cualquier reproducción parcial o total.

Todos los artículos originales que se publican en Building & Management quedan sometidos a discusión y al comentario de nuestros lectores. Las opiniones deben enviarse a la dirección de correo electrónico de la revista, dentro del plazo de tres meses, contados a partir de la fecha de su publicación.

Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a la revista el derecho de una licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), que permite a otros compartir el trabajo con un reconocimiento de la autoría y uso no comercial.

Los autores pueden establecer por separado acuerdos adicionales para la distribución no exclusiva de la versión de la obra publicada en la revista (por ejemplo, situarlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro).

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica Building & Management se distribuyen bajo una licencia de uso y distribución Creative Commons.

#### 5. DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

## TOPICS COVERED BY B&M

Case studies  
Due diligence  
Licence management  
Risk assessment management  
Documentation procurement  
Communication and information management: ICT, Big data, Construction 4.0  
Management of bill of quantities, estimation, analysis and costs control  
Project monitoring  
Deadline management  
Economic, financial, equipment and human and material resources management  
Technical planning management  
Management of strategic planning  
Design management  
Management and control of changes and coordination of activities  
Management of production planning and programming  
Contracts and construction management  
Advanced techniques of construction management  
Process management in building, control and process improvement techniques  
Management of occupational risk prevention and health & safety  
Regulatory management and quality control  
Environmental management  
Management of waste and polluted soils  
Water management  
Materials management  
Energy management  
Other resources management  
Building heritage management  
Management of conservation, maintenance and exploitation  
Facilities management  
Building Management systems  
Sensing, monitoring and control  
Audit of management systems  
Energy Audit  
Assessment of environmental impact plans, programs and projects  
Energy and environmental certification  
Implementation of environmental management systems  
Management of hygrothermal comfort  
Management of acoustic comfort  
Indoor air quality management  
Accessibility Management  
Diagnosis and methodology  
Intervention criteria  
Reuse  
Territory management  
Urban planning  
Management of environmental resources  
Air quality  
Training for management  
Research in construction  
Integrated project management  
Real estate assessments  
Judicial appraisal  
Management of social matters

## LÍNEAS DE PUBLICACIÓN DE B&M

Casos de estudio  
Due diligence  
Gestión de las licencias  
Gestión del análisis de riesgos  
Gestión de la documentación  
Gestión de la comunicación y de la información: TIC, Big data, Construcción 4.0  
Gestión de las mediciones, estimación, análisis y control de los costes  
Monitorización de proyectos  
Gestión de plazos  
Gestión económica, financiera, de equipos y de los recursos humanos y materiales  
Gestión de la planificación técnica  
Gestión de la planificación estratégica  
Gestión del diseño  
Gestión y control de cambios y coordinación de las actividades  
Gestión de la planificación de la producción y programación  
Gestión de la contratación y de las obras  
Técnicas avanzadas de gestión de la construcción  
Gestión del proceso en edificación, técnicas de control y mejora de procesos  
Gestión de la prevención de riesgos laborales y seguridad e higiene  
Gestión de normativa y control de la calidad  
Gestión medioambiental  
Gestión de residuos y de suelos contaminados  
Gestión del agua  
Gestión de los materiales  
Gestión de la energía  
Gestión de otros recursos  
Gestión del patrimonio edificado  
Gestión de la conservación, el mantenimiento y explotación  
Gestión de las instalaciones  
Los sistemas de gestión en el edificio  
Sensorización, monitorización y control  
Auditoría de sistemas de gestión  
Auditoría energética  
Evaluación del impacto ambiental de planes, programas y proyectos  
Certificación energética y medioambiental  
Implantación de sistemas de gestión ambiental  
Gestión del confort higrotérmico  
Gestión del confort acústico  
Gestión de la calidad del aire interior  
Gestión de la accesibilidad  
Diagnosis y metodología  
Criterios de intervención  
Reutilización  
Gestión del territorio  
Planificación urbanística  
Gestión de recursos del entorno  
Calidad del aire  
Formación para la gestión  
Investigación en edificación  
La gestión integrada de proyectos  
Valoraciones inmobiliarias  
Pericia judicial  
Gestión de los aspectos sociales

