

# BUILDING & MANAGEMENT

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

January  
April  
2018



**BUILDING & MANAGEMENT**  
JANUARY - APRIL 2018  
ISSN 2530-8157



# BUILDING & MANAGEMENT

VOLUME 2 ISSUE 1

---

# BUILDING & MANAGEMENT

SCIENTIFIC e-JOURNAL

VOLUME 2 ISSUE 1 JANUARY - APRIL 2018



Escuela Técnica Superior de Edificación  
Universidad Politécnica de Madrid

ISSN: 2530-8157  
**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. 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

Residential building  
Alcalá, 33. Madrid  
Architect  
Javier Pinilla Melo  
Construction Builder  
Proiescon S.L.

**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

Immaculada 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 Dufresnes 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  
Marta Kosior-Kazberuk  
Sandra Llorente Monleón  
Oscar López Zaldivar  
Fernando Machicado Martín  
Fernando Martín Consuegra  
M<sup>a</sup> Dolores Martínez Aires  
Francisco J. Martínez Montesinos  
Juan Manuel Medina  
M<sup>a</sup> del Pilar Mercader Moyano  
Trevor Mole  
Fernando Moral Andrés  
M<sup>a</sup> Isabel Pérez Millán  
Rudy Piedra Mena  
Carlos J. Pampliega  
Mara Rodríguez Hermida  
Ángel Rodríguez Saiz  
María Segarra Cañamares  
Begoña Serrano Lanzarote

Patricia del Solar Serrano  
Ricardo Tondero 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  
Bialystok University of Technology, Poland  
Conspace. Vía Célere, Spain  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain  
UNE. Asociación Española de Normalización, Spain  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja  
Universidad de Granada, Spain  
Universidad Católica de Murcia, Spain  
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia  
Universidad de Sevilla, Spain  
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

<b>EDITORIAL: LEAN CONSTRUCTION</b>	<b>1</b>
<b>LEAN CONSTRUCTION</b>	
Carolina Piña Ramírez, Inmaculada Martínez Pérez & Sonsoles González Rodrigo	

## ARTICLES

---

<b>PRINCIPLES AND CHARACTERISTICS OF CAD GEOMETRIC MODELLING OF HISTORICAL BUILDINGS</b>	
<b>PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS GEOMÉTRICOS CAD EN EDIFICIOS HISTÓRICOS</b>	<b>3</b>
David Mencías Carrizosa, Pepa Casinello Plaza & Ignacio Payá Zaforteza	
<b>PRINTED THERMOPLASTIC MODULAR PIECE, P.T.M.P.</b>	
<b>PIEZAS TERMOPLÁSTICAS MODULARES, P.T.M.P.</b>	<b>12</b>
Sandra Moyano Sanz & Mercedes Valiente López	
<b>INTERCHANGES GENESIS PLAN OF MADRID</b>	
<b>GÉNESIS DEL PLAN DE INTERCAMBIADORES DE MADRID</b>	<b>17</b>
Javier Aldecoa Martín-Conde & Ángeles Ruíz Lázaro	
<b>MASONRY STRUCTURES ASSESMENT AND PHOTOGRAMMETRY. CASE STUDY: SAN MILLÁN DE SEGOVIA</b>	
<b>EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE FÁBRICA Y LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO</b>	
<b>CASO DE ESTUDIO: SAN MILLÁN DE SEGOVIA</b>	<b>26</b>
Miriam Guerra Martín & Julián García Muñoz	
<b>ASSESSMENT METHODS FOR DETERMINATION OF THE TECHNICAL CAUSES IN ACCIDENTS SPECIALLY COMPLEX</b>	
<b>MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS TÉCNICAS EN SINIESTROS</b>	
<b>DE ESPECIAL COMPLEJIDAD</b>	<b>32</b>
Carlos Lozano Martínez & Javier Yuste Navarro	

## OPINION ARTICLES

---

<b>THE EXPERT WITH THE JUSTICE</b>	<b>41</b>
<b>EL PERITO CON LA JUSTICIA</b>	
Francisco Gil Carrillo	

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

---

**46**

---

### 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 2018

<http://dx.doi.org/10.20868/bma.2018.1.3706>

**CAROLINA PIÑA RAMÍREZ  
INMACULADA MARTÍNEZ PÉREZ  
SONSOLES GONZÁLEZ RODRIGO**

## BUILDING & MANAGEMENT

### LEAN CONSTRUCTION

According to a study from the Construction Industry Institute and the Lean Construction Institute, 26% of time, effort and materials employed in the industrial sector does not add value to the final product, while in the construction sector in 2004 the figures rise to 57%.

These old problems in the construction sector place it on a level of development below other industries, mainly due to the high dependence on labor force and poor development of human capital management.

Both Lean Construction method -based on management under the principles of continuous improvement- and Lean Manufacturing produce a process optimization from people's point of view, as it manages to improve productivity, making project members to work together in an effective way and showing a high predisposition to collaborate with the team.

Therefore, it is no coincidence that the implementation of Lean Construction philosophy in construction companies has had significant growth. The reason is that the effectiveness of this continuous improvement system has been proven, which facilitates the reduction of deadlines, indirect costs and production times in the works.

The application model makes the project to progress at a steady rate with limited variations by promoting collaborative working, increased trust and aligning the objectives of different stakeholders.

All of this, unlike the traditional system -plagued with many conflicts of interest and focused on processes-, makes this comprehensive management system to be focused on fulfilling the commitment of delivering value to the client.

Según indica un estudio del Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute, el 26% del tiempo, esfuerzo y material empleado en el sector industrial no aporta valor al producto final, mientras que en el sector de la construcción en el año 2004 este porcentaje ascendía hasta el 57%.

Estos viejos problemas del sector de la construcción, que hacen que presentemos un nivel de desarrollo inferior al de otras industrias, se deben fundamentalmente a la alta dependencia de la mano de obra y al bajo nivel de desarrollo en la gestión del capital humano.

El método Lean Construction basado en la gestión mediante los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing, produce una optimización de los procesos desde el punto de vista de las personas, ya que consigue la mejora de la productividad, haciendo que los miembros del proyecto trabajen juntos de manera de manera efectiva y presenten una alta predisposición a la colaboración con el equipo.

Por lo tanto, no es casualidad que la implantación de la filosofía Lean Construction en las empresas de construcción haya tenido un crecimiento significativo. El motivo es que se ha probado la efectividad de este sistema de mejora continua, que facilita la reducción de plazos, costes indirectos y los tiempos de producción en las obras.

La aplicación del modelo consigue que el proyecto progrese a una velocidad constante con variaciones limitadas, mediante el fomento del trabajo colaborativo, el incremento de la confianza y la alineación de los objetivos de los distintos agentes implicados.

Todo esto, al contrario que con el sistema tradicional -repleto de conflicto de intereses y centrado en los procesos-, hace que este sistema de gestión integral esté enfocado en cumplir el compromiso de la entrega de valor al cliente.

This innovative methodology of project management follows the basic principle of reduction of time and costs invested in activities that don't add value to the final product, activities called 'waste' by this method.

This waste exists for various reasons: waiting periods due to lack of supplies, absence of standards in the work producing further delays, more waiting periods for not completed or poorly executed previous activities, poor organization of work spaces, waiting for lack of definition, unnecessary trips, changes in design, etc.

The Lean system provides tools that involve a new approach to integrated management of projects, one of which is called the Last Planner System that achieves optimization of deadlines by performing a complete project planning together with all the resources involved in the play.

This participation and involvement in the decision process from the earliest stages, minimizes the time and reduces cost uncertainties.

With this methodology, the performance of the planning and control systems is measured and improved periodically, thus achieving greater self-management, as each team must reach compromises through consensus.

Therefore, for its proper functioning it will be essential to create a company culture, from planning to implementation, to make it easier for people to understand and participate actively in its implementation, achieving to maintain this culture over time.

Many Spanish companies are already realizing that applying the Lean Construction method should reduce the time of delivery of works, decreases costs, and maximizes the value of your final product by applying these techniques to the construction process, which is allowing the industry to increase productivity to meet new market demands and improve its image towards society.

Esta novedosa metodología de la gestión de proyectos tiene como principio básico la reducción del tiempo y del coste invertido en actividades que no aportan valor al producto final, que el método denomina desperdicios.

Estos desperdicios pueden ser por causas diversas: esperas por falta de suministros, esperas por ausencia de estándares en los trabajos, esperas por actividades previas no finalizadas o mal ejecutadas, mala organización de los espacios de trabajo, esperas por falta de definición, desplazamientos innecesarios, cambios en el diseño, etc.

El sistema Lean facilita herramientas que implican adoptar un nuevo enfoque de la gestión integral de proyectos, una de ellas es la llamada Last Planner System que consigue la optimización de los plazos mediante la realización de una planificación total del proyecto conjuntamente con todos los recursos implicados en la obra.

Esta participación y compromiso en el proceso de decisión desde las primeras etapas, genera que se reduzcan los plazos y costes minimizando las incertidumbres. Con esta metodología el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados de forma periódica, alcanzándose además así una mayor autogestión ya que cada equipo debe llegar a acuerdos a través del consenso.

Por lo tanto, para su buen funcionamiento resultará imprescindible la creación de una cultura de empresa, que desde la planificación hasta la puesta en operación, facilite que las personas entiendan y participen activamente en su implementación, haciendo posible que se mantenga en el tiempo.

Muchas empresas españolas ya están comprobando que la puesta en funcionamiento del Lean Construction puede reducir el plazo de la entrega de las obras, disminuir su coste, y maximizar el valor de su producto final mediante la aplicación de estas técnicas al proceso constructivo, lo cual está permitiendo al sector incrementar su productividad para hacer frente a las nuevas exigencias del mercado y mejorar su imagen de cara a la sociedad.



# Principles and characteristics of CAD geometric modelling of historical buildings

## Principios y características de los modelos geométricos CAD en edificios históricos

### DAVID MENCÍAS CARRIZOSA

Dr. Arquitecto, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, España  
[dameca@gmail.com](mailto:dameca@gmail.com)

### PEPA CASSINELLO PLAZA

Dra. Arquitecta, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, España  
[mariajosefa.cassinello@upm.es](mailto:mariajosefa.cassinello@upm.es)

### IGNACIO PAYÁ ZAFORTEZA

Dr. Ingeniero de Caminos, Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil, Universitat Politècnica de València, España  
[igpaza@upvnet.upv.es](mailto:igpaza@upvnet.upv.es)

- ◊ Most common geometric models in heritage are point clouds, wired-frame and curves and surfaces models.
- ◊ All the techniques employ the databases of geometric points of the survey as input.
- ◊ The output information consists of points database and in some cases additional databases.

**The first and unavoidable phase in the intervention in the Heritage and the existing building is the realization of a survey. Currently, its purpose is to build a digital geometric model in a computer system that serves to represent the built object and also serve as a geometric basis for further analysis. This paper takes a tour of the models used in building the survey data and what input and output information they use. These models are reduced to point clouds, wired-frame and curves and surfaces models. Solid modelling is not widespread in this field given the difficulties presented by its application. All of them have in common that they codify by means of a database that includes the points of the survey and in some occasions another additional database is necessary to complete the reconstruction of the f the geometric information. This information management allows the development of computer applications that automatically analyze existing constructions based on geometry, such as the verification of the equilibrium of masonry structures. This work allows, therefore, clarifying the field that connects the geometric modelling, analytical representation and computational techniques with the architectural survey and intervention in Heritage.**

*Heritage, CAD, Digital Model, Restoration, Analytic representation*

- ◊ Los modelos geométricos más frecuentes en patrimonio son nubes de puntos, alámbricos y de curvas y superficies.
- ◊ Todas las técnicas emplean las bases de datos de puntos geométricos del levantamiento como entrada.
- ◊ La información de salida consiste en base de datos de puntos y en algunos casos bases

**La intervención en el Patrimonio y la Edificación existente tiene como primera fase ineludible la realización de un levantamiento, cuya finalidad consiste, en la actualidad, en construir un modelo geométrico digital en un sistema informático que sirva para representar el bien construido y servir de base geométrica para análisis posteriores. Este trabajo realiza un recorrido por los modelos empleados en edificación histórica para determinar las técnicas de modelado que sirven para codificar dicha información y qué información de entrada y salida emplean. Estos modelos se reducen a nubes de puntos, alámbricos y curvas y superficies, ya que el modelado mediante sólidos (BIM) no se encuentra extendido en este campo dadas las dificultades que presenta su aplicación. Todos ellos tienen en común que se codifican mediante una base de datos que incluyen los puntos del levantamiento y en algunas ocasiones es necesario otra base de datos adicional para completar la reconstrucción de la información geométrica. La gestión de esta información permite desarrollar aplicaciones informáticas que, de manera automática, realicen análisis de las construcciones existentes basados en la geometría, como el caso de la verificación del equilibrio de estructuras de fábrica. Este trabajo permite, por tanto, clarificar el campo que conecta el modelado geométrico, la representación analítica y las técnicas computacionales con el levantamiento arquitectónico y la intervención en Patrimonio, y sirve de punto de partida para futuros desarrollos que permitan la gestión de la ingente cantidad de información que se genera en un levantamiento y puede ser empleada para entender el bien en el que se interviene.**

*Patrimonio; Diseño asistido por ordenador; Modelos Digitales; Restauración; Representación analítica*

### 1. INTRODUCCIÓN: LEVANTAMIENTO Y MODELADO

El entendimiento del Patrimonio para su conservación, consolidación y restauración es un trabajo que requiere, en

primer lugar, un conocimiento exhaustivo de las características y materiales que configuran las propias construcciones [1]. La primera tarea que es necesaria abordar en cualquier estudio o intervención en un edificio existente es, sin duda, la

realización de un levantamiento con el objetivo inicial de poder obtener una representación fidedigna del objeto arquitectónico a tratar.

Tradicionalmente ésta ha sido la única finalidad, aunque sin embargo, la información obtenida convenientemente tratada es empleada en la actualidad para muchos más propósitos, como es el caso del análisis arquitectónico, la investigación arqueológica, la evaluación de daños, los estudios térmicos o la evaluación estructural [2].

Los procedimientos actuales pasan necesariamente por volcar la información obtenida durante el trabajo de campo en un ordenador y realizar un modelo informático del mismo.

Esta información se codifica computacionalmente mediante una serie de técnicas de modelado, sirviendo no sólo para su representación sino como base a futuros trabajos. Por ello, es necesario establecer qué condiciones reúnen los modelos informáticos para codificar la información recopilada en el levantamiento, con objeto de poder diseñar posteriores aplicaciones que interpreten correctamente dicha información.

El objetivo de este trabajo es, a partir del estudio de los modelos geométricos que existen en la actualidad, establecer las características que reúnen aquellos elementos que requieren los programas CAD (Computer Aided Design o diseño asistido por ordenador) para su construcción. Estudiando las diversas técnicas de modelado y su definición matemática, determinar qué elementos son necesarios para cada uno de ellos.

En algunos casos, el estudio de los levantamiento se ha separado de la propia disciplina del modelado [3], pero dado que las herramientas se encuentran cada vez más interconectadas, cada día es más difícil separar tecnología de procedimientos, estudiándose simultáneamente [4,5].

La obtención de la caracterización geométrica resulta de enorme utilidad para diseñar aplicaciones computarizadas que puedan gestionar de manera eficaz la enorme cantidad de datos, no sólo geométricos, que se pueden obtener actualmente de los levantamientos, especialmente en aquellas tipos arquitectónicos cuyo funcionamiento depende de características geométricas, como es el caso de las estructuras históricas de fábrica [6].

Por otra parte, la representación analítica de ciertas construcciones, como en el caso de estructuras de fábrica, permiten realizar evaluaciones estructurales de manera inmediata [7].

## 2. MODELADO GEOMÉTRICO Y LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

Un modelo, en general, consiste en una representación habitualmente simplificada de un objeto real. En el caso de un modelo informático, para la representación se emplean técnicas computacionales en un entorno digital.

Estos modelos pueden ser físicos, moleculares o matemáticos [8], pero debido a el ámbito del presente trabajo se hace referencia a los primeros, dado que se trata de representar un edificio o construcción existente. En este caso, el objetivo de

la representación es la obtención de un modelo geométrico que sirva de base para análisis posteriores.

El punto de partida será, por tanto, la información obtenida en el levantamiento, bien mediante técnicas digitales, bien digitalizando la información analógica. La importancia de la fase del levantamiento, en el proceso de intervención en el patrimonio es crucial, debido a que errores de apreciación o entendimiento pueden arrastrarse a la modelización, pudiendo producir resultados alejados de la realidad [9].

A lo largo de la historia, dichas técnicas han ido evolucionando según se han ido transformado las mismas herramientas de medición y dibujo. Éstas se pueden clasificar fundamentalmente, por un lado como analógicas, a las técnicas tradicionales del dibujo manual y analítico, y por otro como digitales, que no aparecen hasta el último tramo del s. XX, donde se evidencia un verdadero avance en la precisión de los datos obtenidos [10].

Separando los propios sistemas de adquisición de la geometría y la información de los de representación, estos también pueden ser analógicos y digitales, enclavándose en los últimos la modelización geométrica.

Los primeros hacen referencia a la medición de los elementos principales del bien existente, así como la descripción de los detalles, los elementos escultóricos, mobiliarios, entre los que se encuentran los sistemas simples (niveles, plomadas, distanciómetros...), los sistemas topográficos (niveles topográficos, teodolitos, herramientas GPS, estaciones totales y escáneres láser) y los sistemas fotográficos (rectificación fotográfica y fotogrametría digital) [2].



Figura 1 (a) Toma de datos por medio de medios manuales de la Iglesia de San Salvador de Priesca [2].

Todos ellos tienen por objeto la adquisición de la información geométrica y almacenar, al menos, la posición en el espacio bien de puntos previamente seleccionados manualmente (Fig. 1.a) o bien puntos obtenidos de manera indiscriminada por medio de técnicas automáticas (Fig. 1.b).

Tanto en un caso como en otro, la validez del levantamiento depende en muchos casos de la pericia y capacidad de síntesis de la persona que lo realiza que debe evaluar previamente la necesidad o no de incorporar ciertos elementos [11].

La complejidad de este proceso debe incluir en ocasiones la superposición de diversas técnicas y una planificación adecuada que no desborde el trabajo de gabinete [12].

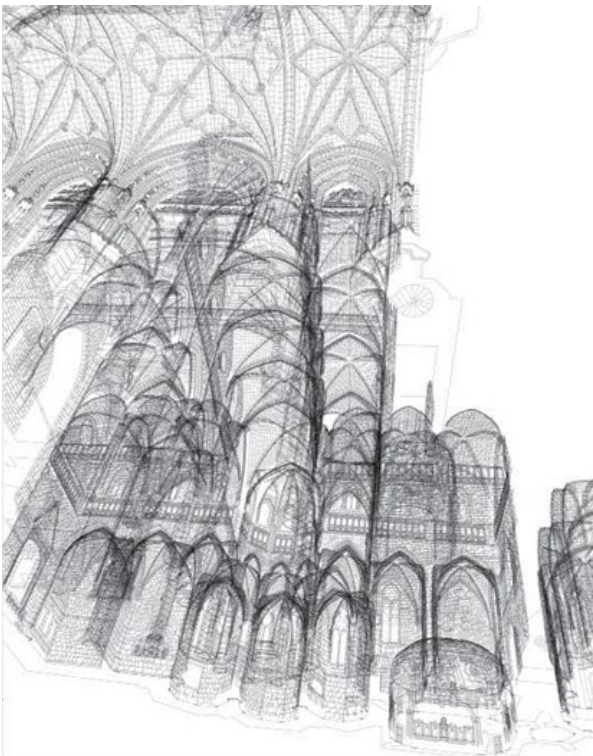


Figura 1 (b) Toma de datos exhaustiva de la Catedral de Santa María la Blanca de Vitoria [6].

### 3. TÉCNICAS DE MODELADO INFORMÁTICO

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo final del levantamiento arquitectónico es obtener una representación geométrica adecuada a la finalidad pretendida en un entorno digital, partiendo de un conjunto finito de puntos situados en el espacio.

A partir de ellos se conforma una base de datos, por medio de un software CAD, que interpreta dicha información y la visualiza en un entorno digital, con los que, por medio de algoritmos automáticos o mediante procedimientos manuales, se modela el objeto.

Dentro de un sistema CAD, el modelado geométrico trata de determinar mediante diversas técnicas la representación matemática a partir de la introducción de los datos [13], ya sea de manera manual o automática (Fig. 2). Estos modelos pueden realizarse con las siguientes técnicas [14]:

- ◆ Modelado de Puntos
- ◆ Modelado Alámbrico
- ◆ Modelado de Curvas y Superficies
- ◆ Modelado de Sólidos
- ◆ Otros Modelos

No existe un método único y la elección depende de diversos factores, que se pueden resumir fundamentalmente en los recursos tecnológicos disponibles (tanto en capacidad de hardware como en recursos del software) y el objetivo de la modelización.

El aumento de la información incorporada y la resolución del modelo incrementan de manera muy notable las necesidades informáticas, siendo un campo de investigación en las ciencias informáticas la elaboración de procedimientos y algoritmos que reduzcan los recursos computacionales necesarios.

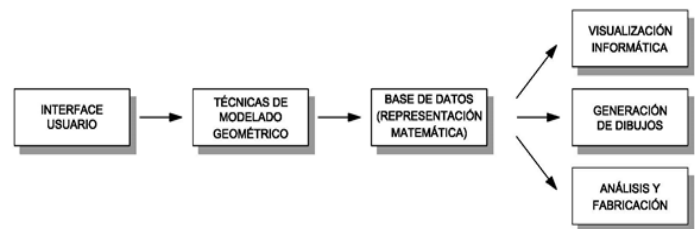


Figura 2 Esquema del papel que desempeña el modelado geométrico en un sistema de Diseño Asistido por Ordenador, redibujado a partir de [13].

Estos modelos se pueden clasificar, en función del espacio euclídeo considerado y los elementos incorporados, en [14]:

- ◆ 2D: modelización de elementos planos en  $R^2$
- ◆ 2.5D: modelización de elementos planos en  $R^3$
- ◆ 3D: modelización de elementos tridimensionales en  $R^3$
- ◆ 4D: modelización 3D con información temporal.

A efectos geométricos, pero no informáticos, los dos primeros son equivalentes, ya que la información que se almacena se hace para una coordenada  $z$  constante nula o no nula.

Por otra parte, los modelos 4D, que incluyen parámetros temporales como la iluminación variable o el movimiento, se salen fuera del objeto del presente texto, aunque sin embargo resultan muy interesantes para el estudio, por ejemplo, de la evolución de daños en edificios existentes. Sin embargo desde el punto de vista operativo, la información almacenada se incrementa de manera muy notable, dado que por cada punto se debe conocer la posición espacial para los  $n$  instantes  $t$  de cada uno de los elementos de la dimensión temporal.

Por otra parte la base de datos asociadas a un modelo (estructura de datos, en terminología informática) debe permitir que, mediante un conjunto de algoritmos y operaciones, dar soporte a la información geométrica correspondiente a un objeto, y es esta base de datos la que es objeto de estudio en este trabajo, independientemente del número de puntos almacenado.

### 3.1. MODELADO DE PUNTOS

Los modelos de puntos o más comúnmente conocidas como nubes de puntos son conjuntos de puntos no estructurados posicionados en un espacio euclídeo tridimensional, que permiten una visualización por acumulación o sirviendo de base a un trazado geométrico realizado con posterioridad.

La información se almacena de manera muy sencilla, mediante una tabla con las coordenadas X, Y, Z de cada punto, asignando según (1):

$$S = \{P_0 \dots P_n\} \forall P_m = (x_m, y_m, z_m) \quad (1)$$

donde: S – conjunto de puntos;  $P_m$  – cualquier punto del conjunto;  $x_m$  – coordenada x del punto  $P_m$ ;  $y_m$  – coordenada y del punto  $P_m$ ;  $z_m$  – coordenada z del punto  $P_m$ .

Este modelo es muy habitual cuando se toman puntos seleccionados manualmente mediante estación total láser (Fig. 3), previamente seleccionado [15] o mediante obtención masiva por medio de escáner láser donde es necesario refinar empleando algún tipo de algoritmo que elimine el ruido [16].

En este último caso, es habitualmente necesario un postproceso de segmentación que permita asignar entidades geométricas a conjuntos de puntos [17].

Algunas herramientas tecnológicas son capaces de recabar información adicional, tal como el color o la reflectividad del material, que sin embargo no son relevantes a efectos geométricos y por tanto, no se incorporan directamente a un modelo estrictamente geométrico.

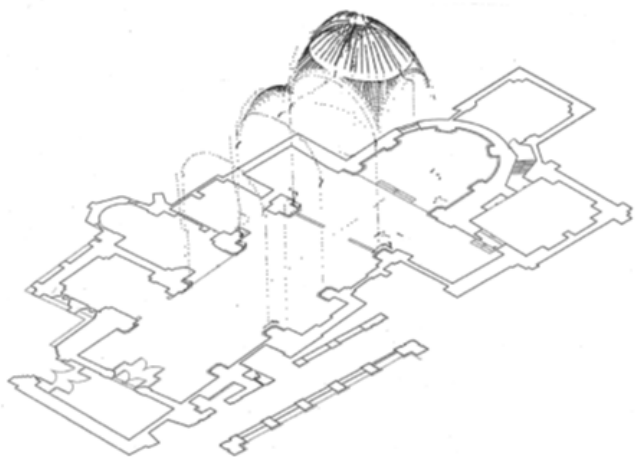


Figura 3. Nube de Puntos de las cúpula de la Iglesia de La Peregrina de Sahagún realizada por A. López Mozo [15].

### 3.3. MODELADO ALÁMBRICO

Los modelos alámbricos representan la visualización tridimensional más simple posible, y por tanto, la que menos recursos requiere, ya que se representa exclusivamente el objeto mediante aristas y vértices. La información del levantamiento constituyen los vértices expresada de la misma forma que en la nube de puntos mediante la ecuación (1). A este conjunto, que se almacena en una base de datos

independiente, se le añade un segundo conjunto vectorial de aristas [14] de la forma que se indica en (2):

$$\vec{A} = \{ \vec{P_0 P_1} \dots \vec{P_{n-1} P_n} \} \quad (2)$$

donde: A – conjunto vectorial de vértices;  $P_0 P_1$  – arista situada entre el punto  $P_0$  y el punto  $P_1$ .

Se trata de la opción más fácil de redibujado y regenerado, y aquella en la que se requieren recursos informáticos menores y donde los algoritmos de representación resultan más sencillos.

Sin embargo, por el contrario, requiere una doble estructura de datos (topológica y geométrica) para su introducción y además puede dar resultados ambiguos y sin sentido real [13]. Se emplea habitualmente como una primera aproximación, dado su facilidad de regeneración en el dispositivo de salida.

### 3.4. MODELADO DE CURVAS Y SUPERFICIES

El modelo geométrico plano mediante curvas es el más habitual en la representación CAD de edificación y habitualmente es la que proporciona mayor exactitud y control sobre la forma. Por el contrario, dado el desarrollo tecnológico, el modelado de superficies es el que marca la tendencia en el campo de la representación de edificios históricos.

Desde el punto de vista de representación matemática, ambos tipos son similares, aunque como es lógico, el de superficie incluye una variable más.

La información geométrica se almacena como elementos unidimensionales (puntos) directamente volcada del levantamiento, bidi-mensionales (curvas o segmentos) o tridimensionales (superficies).

Para ello se toma, bien una primitiva (cuando se estima que la realidad hace referencia a una figura geométrica idealizada) almacenada con su ecuación analítica, o bien, a partir de una serie de puntos que sirven para construir la curva o superficie. Ésta se puede realizar bien por interpolación bien por aproximación, o en el caso de superficies a partir de conjunto de puntos, mediante mallas.

#### 3.4.1. INTERPOLACIÓN

La interpolación trata de construir una función algebraica, de manera que para valores predeterminados de la variable independiente, tome ciertos valores conocidos.

Se trata de la aplicación al modelado geométrico del procedimiento clásico de aproximación a funciones o a conjuntos.

Los métodos de interpolación son numerosos y diversos, y su aplicación es asimismo muy variada. Se empezaron a desarrollar en el s. XVIII en el marco del análisis matemático y la geometría analítica [18]:

- ◆ Interpolación lineal

- ◆ Lagrange
- ◆ Hermite
- ◆ Splines lineales
- ◆ Splines cúbicos

La representación matemática de estos modelos puede ser bien la base de datos de puntos de interpolación, donde la ordenada correspondería al nodo y la abscisa a la imagen o bien una representación analítica del polinomio interpolador que en el caso de curvas planas sería según se expresa en (3).

$$C(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n \quad (3)$$

donde: Q – polinomio interpolador de grado n;  $a_0$  [...]  $a_n$

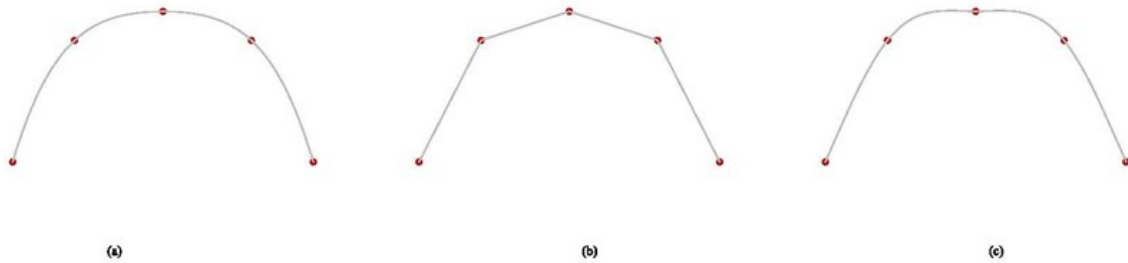


Figura 4. Representación de la interpolación de un arco de medio punto mediante el polinomio de Lagrange (a) splines lineales (b) y splines cúbicos (c) [Imagen del autor]

### 3.4.2. APROXIMACIÓN PARAMÉTRICA

Las curvas y superficies aproximadoras surgen a partir de la interpolación mediante Splines, empleando una base de polinomios que permite el control local de las curvas. Escrita inicialmente en 1912 por S. Bernstein para la aproximación uniforme a funciones continuas [20]:

Las curvas de Bézier se aproximan a partir de  $n+1$  puntos de control  $P_0, \dots, P_n$ , creándose una polígono de control con la poligonal que une dichos puntos.

Esta poligonal es la que determina la forma final de la curva. Se definen matemáticamente, a partir de los polinomios de Bernstein, como [21], indicado en (5).

$$C(t) = \sum_{k=0}^n P_k B_k(x) \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (5)$$

donde: C – curva paramétrica; t – parámetro;  $P_k$  – k-ésimo punto del polígono de control;  $B_k$  – k-ésimo polinomio de Bernstein.

Las curvas B-Splines, toman su nombre de las Splines (herramienta manual empleada para el diseño de cascos de barcos, que mediante una serie de pesos permitía controlar la forma, a las que se le añade el prefijo B que hace referencia a “básico” [22].

Se trata de una curva formada por la sucesión de segmentos curvos de Bézier. Se define a partir de  $n+1$  ( $P_0, \dots, P_n$ ) puntos de control, el grado k de la curva menor o igual que n y un vector de nudos  $X = (a = x_1, \dots, x_{n+k+2}=b)$ , que se

coeficientes del polinomio de manera que se cumpla (4):

$$C(x_m) = y_m \quad (4)$$

donde: Q – polinomio interpolador de grado n;  $x_m$  – coordenada x del punto  $P_m$ ;  $y_m$  – coordenada y del punto  $P_m$ .

Cabe mencionar que, para realizar la interpolación de un gran número de puntos, la interpolación polinómica única de grado elevado (Lagrange, Hermite, Newton) requiere una gran capacidad de cálculo, pudiéndose producir errores tanto numéricos como distorsiones respecto a la curva deseada, como el fenómeno de Runge (Fig. 4).

Estos errores se minimizan eligiendo los nodos específicamente y un método de interpolación adecuado al tipo de datos, como por ejemplo, los nodos de Chebyshev [19]

representa analíticamente como se indica en (6):

$$C(t) = \sum_{i=1}^{n+1} B_{i-1} N_{i,k+1}(t) \quad a \leq t \leq b \quad (6)$$

donde: C – curva paramétrica; t – parámetro;  $P_k$  – k-ésimo punto del polígono de control;  $B_{i-1}$  – i-1-ésimo polinomio de Bernstein;  $N_{i,k+1}$  – base de la función definida en la forma de Cox-De Boor.

Estas curvas permiten un mayor control del diseño y la forma final, por medio de los puntos del polígono de control y del grado de la curva. Además, permite controlar la continuidad entre curvas, lo que asegura el grado de la misma según la exigencia. Aunque en ocasiones, la continuidad geométrica es necesaria, en otras, para suavizar, es necesario dar continuidad a las tangentes o a las curvaturas, así como elevar el grado, igualando sus correspondientes vectores.

La edición de curvas primitivas formuladas mediante las ecuaciones anteriormente expuestas, es el procedimiento que realiza la modelización mediante control de forma. Por tanto, es preciso un tipo de representación que permita la edición rápida, inmediata y con efectos locales de los puntos de control, de todos los tipos de curvas incluyendo las cónicas, que no pueden ser representadas mediante polinomios.

Para ello se dispone de las curvas NURBS (Non Uniform Rational B-Splines, en español, B-Splines racionales no uniformes), que se han popularizado rápidamente entre los programas de CAD, debido a la versatilidad que produce su modelado. Además, en los últimos años se ha ido

desarrollando para confeccionar los modelos geométricos para análisis FEM, que realiza el IGA (Isogeometric Analysis o análisis isogeométrico) [23]. La definición analítica se basa en las B-splines pero incluyendo el vector pesos y las curvas racionales [21], según se muestra en (7):

$$C(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} w_{i-1} B_{i-1} N_{i,k+1}(t)}{\sum_{i=1}^{n+1} w_{i-1} N_{i,k+1}(t)}, \quad a \leq t \leq b \quad (7)$$

donde: C – curva paramétrica; t – parámetro;  $P_k$  – k-ésimo punto del polígono de control;  $B_{i-1}$  – i-1-ésimo polinomio de Bernstein;  $N_{i,k+1}$  – base de la función definida en la forma de Cox-De Boor;  $w_{i-1}$  – elemento i-1-ésimo del vector peso.

### 3.4.3. MALLAS

La modelización mediante mallas permite la construcción de un modelo con ayuda de la representación de las superficies, mediante un conjunto de polígonos convexos a partir de un número de puntos predefinidos anteriormente. Por tanto, permite crear la “piel” en el espacio de un objeto mediante elementos planos. Habitualmente se emplean triángulos, aunque para determinadas geometrías son necesarios cuadriláteros o hexágonos.

Este sistema permite el trabajo con diferentes resoluciones, ya sea para la visualización como para la propia representación analítica, lo que permite optimizar los recursos. El aumento de resolución se consigue añadiendo polígonos mediante la subdivisión.

La estructura de datos es similar a la caso del modelo alámbrico, ya que se almacena por un lado los vértices, por

otro las aristas y finalmente las caras o polígonos. En el caso de triangulación, el objeto se representa mediante un conjunto vectorial de triángulos [24], según (8):

$$M = \{T_0 \dots T_n\} \quad \forall T_m = (P_a P_b P_c) \quad (8)$$

donde: M – Malla; T – Triángulo;  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  – vértices del triángulo.

Asimismo es necesario almacenar una base de datos con el orden de la triangulación, de manera similar a los modelos alámbricos, de manera que sea posible la manipulación y comprobación de dicha malla.

La creación de las mismas, se puede realizar mediante diferentes procedimientos. Cabe destacar la triangulación de Delaunay, que determina la condición de que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la malla no contenga ningún vértice de otro triángulo, implementándose diversos algoritmos que lo verifican o modifican la triangulación en caso de no verificarse. Diversos *plugins* o aplicaciones específicas realizan estas tareas adicionalmente a los programas de CAD.

### 3.5. MODELADO DE SÓLIDOS

Por último, cabe destacar el modelo de sólidos también, que se encuentra mucho más extendido en el diseño de obra nueva que en la intervención en edificación existente [25,26]. Esta metodología se basa en la creación de modelos virtuales mediante elementos constructivos paramétricos y la vinculación a bases de datos externas con información adicional.

Se trata de un sistema actualmente poco extendido en Patrimonio fundamentalmente por dos dificultades. La primera es la caracterización de los materiales, ya que siendo muy

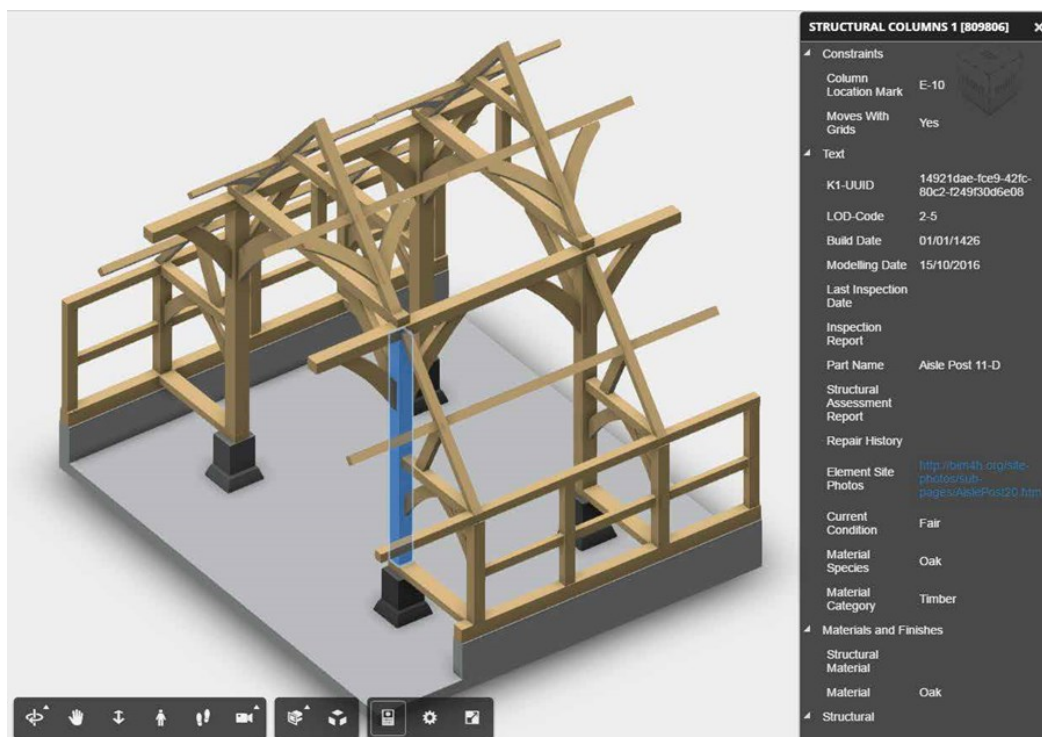


Figura 5. Modelo de la estructura del Granero Harmondsworth, Inglaterra [26]

fácil en obra nueva, en edificación existente no suele ser tan sencilla y en especial en fábricas dado que existe gran variabilidad de algunas características.

Por otra parte, la estandarización y parametrización de elementos constructivos en construcción histórica es mucho más complicada, dada la extensa cantidad de variables existentes, controlables y no controlables, y que además cuenta con la dificultad de la excesiva simplificación geométrica que es necesario realizar para adaptarse a los parámetros del software existente (fig. 5).

Sin embargo, a pesar de las dificultades expresadas, se están realizando algunos esfuerzos importantes en esta dirección. Para ello se recurre a una excesiva simplificación geométrica e idealización de las formas que desvirtúan la propia geometría del edificio y en muchos casos esconden indicios de daños de que se manifiestan geoméricamente [29].

### 3.6. OTROS MODELOS

Con objeto de representar otro tipo de datos que no son exactamente modelos geométricos, se emplean diferentes modelizaciones gráficas en el campo de las ciencias computacionales, que son específicos para cada objetivo, tales como el modelado de fluidos, de elementos naturales, de telas en movimiento o de campos tensoriales. Estos se pueden clasificar como:

- ◆ Geometría fractal
- ◆ Modelos gramaticales
- ◆ Sistemas de partículas
- ◆ Modelos por características físicas
- ◆ Modelos de visualización científica

Sin embargo, ninguno de ellos es de aplicación en el campo del Patrimonio, por lo que no se cree conveniente profundizar en ellos, para la finalidad de este trabajo. Las técnicas de modelado y su representación analítica en estos casos se

pueden consultar en [14].

## 4. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOMÉTRICA DE ENTRADA Y DE SALIDA

Una vez realizado el recorrido por los diferentes modelos analizadas, se puede comprobar que en todos los modelos, ya sea el usuario quien lo introduce de manera manual o se importan de un archivo de manera automática, la información de entrada es siempre un conjunto de puntos P.

Todas las técnicas de modelado parte de un numero finito de puntos. Por tanto, todo la información adicional obtenida en el trabajo de campo (material, composición constructiva, color,...), no se incorpora directamente en el modelo geométrico y en caso de ser necesaria, deberá conformarse mediante base de datos adicional.

Tanto en las nubes de puntos como en los modelos alámbricos, la obtención de los conjuntos de las coordenadas es inmediata, ya que el conjunto P se obtiene directamente en un caso directamente del levantamiento y en el otro, de los vértices del modelo. Si ese conjunto representa los puntos de paso de una función interpoladora, se pueden relacionar directamente con los nodos de interpolación y soportes de interpolación respectivamente.

En los casos que se emplean curvas o superficies interpoladas, la obtención también inmediata, ya que el propio conjunto de puntos de interpolación pasa a ser los puntos de soporte y la imagen o imágenes (según sea en el plano o el espacio) de los mismos.

Si la geometría se encuentra modelada con curvas o superficies por aproximación paramétrica, el conjunto de puntos del levantamiento se almacena como la lista del polígono de control que se complementa con la lista de pesos de los nodos (en caso de NURBS o una lista de valores unitarios para curvas de Bézier), el grado de la curva y el vector de nudos.

	Información de entrada procedente del levantamiento	Información de salida codificada
Modelo de puntos	Puntos	Puntos
Modelo alámbrico	Puntos	Vértices y Secuencia de Aristas
Modelo de Curvas y Superficies interpoladas	Puntos (Soporte e Imagen)	Puntos / Polígono de Control
Modelo de Curvas y Superficies aproximadas	Puntos	Puntos / Polígono de Control / Información analítica
Modelo de Superficies de Malla	Puntos	Vértices de los polígonos

Tabla 1: Información geométrica de entrada y salida para cada técnica de modelado.

La gestión de la información obtenida del levantamiento parte necesariamente por la incorporación de una base de datos de puntos al software CAD. En función de la técnica de modelado empleada (Fig. 6) la información será más

compleja, empezando por la base de puntos exclusivamente y terminando con las técnicas de aproximación de curvas y superficies que requieren una base de información analítica que incluye el vector pesos y el vector nodos.

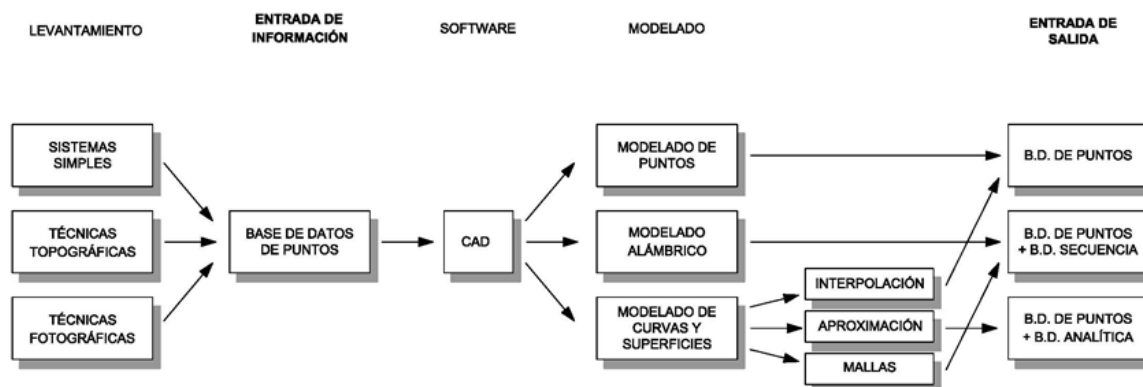


Figura 6. Esquema del flujo de la información necesaria para modelizar un edificio existente.

#### 4. CONCLUSIONES

El presente texto hace un recorrido por las técnicas de modelado más extendidas en el campo del patrimonio y cómo se representan matemáticamente para conformar las bases de datos que los sistemas CAD emplean para la modelización. Por ello, se puede concluir que el flujo de información proveniente del levantamiento pasa necesariamente por emplear conjunto de puntos como entrada.

Los modelos geométricos que sirven como punto de partida para el trabajo en Patrimonio y la construcción existente, se reducen a tres: nubes de puntos, alámbricos y curvas y superficies, que a su vez se puede dividir en modelos de interpolación, aproximación y el caso particular de superficies mediante mallas.

Todos ellos tienen en común que se codifican mediante una base de datos que incluyen los puntos del levantamiento. En casos concretos son necesarios base de datos adicionales para completar la reconstrucción de la información geométrica.

Por tanto, las aplicaciones informáticas que se diseñen en base a dichos modelos, deben trabajar al menos con una base de datos de puntos en su representación mediante coordenadas, independientemente del espacio donde se realice.

Además, en el caso de modelos alámbricos y mallas, es necesaria la incorporación de una base de datos de la secuencia de formación del conjunto de puntos y por el contrario mientras que en los modelos de curvas o superficies por aproximación es necesario añadir el Polígono de Control.

#### 5. REFERENCIAS

[1] ICOMOS/ISCARSAH Committee "Recommendations for the Analysis, Conservation y Structural Restoration of Architectural Heritage" Barcelona:

International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage. 2005.

[2] Martín Talaverano, R. "Documentación gráfica de edificios históricos: Principios, aplicaciones y perspectivas." *Arqueología de la Arquitectura* (11): 011. 2014.

[3] Almagro, A. "Levantamiento arquitectónico". Granada: Universidad de Granada. 2004.

[4] Andrés, M. A. N., Pozuelo, F. B. "Evolution of the architectural and heritage representation". *Landscape and Urban planning*, 91(2), 105-112. 2009.

[5] Pajas, J., Oliván, A. S. "Métodos, técnicas y estándares para la documentación geométrica del patrimonio cultural." *Virtual Archaeology Review*. vol. 3, no 5, p. 38-42. 2012.

[6] Mencías, D., Cassinello, P., Payá-Zaforteza, I. "Metodología para el uso de la geometría analítica en el análisis de fábricas aplicado al puente de Arroyo Meaques de Madrid". En *Miradas a la investigación arquitectónica: construcción, gestión, tecnología*. I Congreso Internacional sobre Investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Madrid, 2014, pp. 167-170.

[7] Mencías Carrizosa, D. "La geometría analítica como herramienta de análisis estructural de fábricas históricas". 2017. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Arquitectura.

[8] Mortenson, M. E. "Geometric modeling". John Wiley & Sons, New York. 1997.

[9] Cámara, L., Latorre, P. "El Modelo Analítico Tridimensional obtenido por fotogrametría. Descomposición, manipulación y aplicaciones en el campo de la restauración arquitectónica". *Arqueología de la Arquitectura*, (2), 87-96. 2003.

[10] Latorre, P., Cámara, L. "El levantamiento para la restauración: No hay método sin herramientas." *Loggia Arquitectura & Restauración* (22-23): 16-37. 2010.

[11] Grussenmeyer, P., Landes, T., Voegtle, T., y Ringle, K. "Comparison methods of terrestrial laser scanning, photogrammetry and tacheometry data for recording of cultural heritage buildings". *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B5), 213-218. 2008.

[12] El-Hakim, S., Gonzo, L., Voltolini, F., Girardi, S., Rizzi, A., Remondino, F., Whiting, E. "Detailed 3D modelling of castles". *International journal of architectural computing*, vol. 5, no 2, p. 199-220. 2007.

- [13] Wang, T., Yang, X. D. "Geometric modeling". Department of Mechanical and Industrial Engineering. University of Manitoba. 2004.
- [14] Vendrell, E. 2008. "Modelado Geométrico". Apuntes de curso. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- [15] Huerta Fernández, S.; Fuentes González, P., López Mozo, A. "Informe sobre la estabilidad de las bóvedas y el sistema de contrarresto de la nave y el crucero de la Iglesia de La Peregrina (convento de San Francisco) en Sahagún". Monografía. 2010.
- [16] Schnabel, R., Wahl, R., Klein, R. "Efficient RANSAC for point-cloud shape detection". Computer graphics forum. Blackwell Publishing Ltd, p. 214-226. 2007.
- [17] Corso, J., Roca, J. "Classification and information structure of the Terrestrial Laser Scanner, Methodology for analyzing the registered data of Vila Vella, historic center of Tossa de Mar" 8th International Conference On Virtual Cities And Territories, Rio de Janeiro, 2012.
- [18] González Urbaneja, "Raíces históricas y trascendencia de la Geometría Analítica." Sigma: Revista de Matemáticas (30): 205-236. 2007.
- [19] Fernández Jambrina, L. "Curvas y superficies en el diseño geométrico asistido por ordenador". OpenCourseWare. [Online]. Available: <http://ocw.upm.es/matematica-aplicada/curvas-y-superficies-en-el-diseno-geometrico-asistido-por-ordenador>.
- [20] Cordero, J. M., J. Cortés. "Curvas y Superficies para Modelado Geométrico". Madrid: RA-MA. 2002.
- [21] Rueda Pérez, S. "Formas Libres. Curvas NURBS" Cuadernos de apoyo a la Docencia. Madrid: Instituto Juan de Herrera. 2015.
- [22] Pottmann, H. "Architectural geometry". Bentley Institute Press, 2007.
- [23] Hughes, T.J.R., Cottrell, J.A., Bazilevs, Y. "Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement." Computer Methods in Applied Mechanics Engineering 194 (2005) 4135–4195. 2015.
- [24] Edelsbrunner, H. "Triangulations and meshes in computational geometry". Acta numerica, vol. 9, p. 1-81. 2000.
- [25] Ragia, L., Sarri F., Mania, K. "3D reconstruction and visualization of alternatives for restoration of historic buildings: A new approach" 1st International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (GISTAM), Barcelona, 2015.
- [26] Del Giudice, M., Osello, A. "BIM for cultural heritage". International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 5, W2. 2013.
- [27] Historic England "BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model". Swindon. Historic England. 2017.
- [28] Murphy, M., Corns, A., Cahill, J., Eliashvili, K., Chenau, A., Pybus, C., & Truong-Hong, L. Developing historic building information modelling guidelines and procedures for architectural heritage in Ireland. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 42. 2017.
- [29] Mencías Carrizosa, D. "El levantamiento gráfico como herramienta de diagnóstico estructural pre-liminar de edificios históricos de fábrica." En 5º Congreso de Patología y rehabilitación de edificios. Oporto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2015.-

---

## 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.



# Printed thermoplastic modular piece, P.T.M.P.

## Piezas termoplásticas modulares, P.T.M.P.

**SANDRA MOYANO SANZ**

Escuela Técnica Superior de Edificación UPM., D090 de Tecnología de la Edificación, Av. Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid, España, [d090.dpto.tecnologia.edificacion@upm.es](mailto:d090.dpto.tecnologia.edificacion@upm.es)  
E-mail: [sandramoyanosanz@yahoo.es](mailto:sandramoyanosanz@yahoo.es)

**MERCEDES VALIENTE LÓPEZ**

Escuela Técnica Superior de Edificación UPM., D090 de Tecnología de la Edificación, Av. Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid, España, [d090.dpto.tecnologia.edificacion@upm.es](mailto:d090.dpto.tecnologia.edificacion@upm.es)  
E-mail: [mercedes.valiente@upm.es](mailto:mercedes.valiente@upm.es)

◊ It is important to know the new technologies to be able to move with them, and the 3D impression gives us the possibility to improve constructive elements, which by their importance, and their simplicity, are considered essential within the field of construction.

This research tries to design a modular part suitable for construction, with new materials and manufacturing processes. Polymers and 3D printing are the key elements in the process. It is about implanting a new model of modular part that is able to replace the conventional brick. With this research, we want to make known the new construction processes derived from 3D printing and how we can improve the existing technology. The main objective is to design a modular part, using additive manufacturing systems and plastic materials. Then we are going to determine the physical characteristics that the pieces must have, and the geometric possibilities that the manufacturing process allows us, as well as the materials that the pieces will be made. These pieces will be subject to all the actual tests to ceramic pieces, according to the current standard. Additionally, we will analyze the results obtained and compare them with an expensive ceramic brick to assess the advantages obtained. Finally, we will determine some conclusions derived from these investigations, and propose new study proposals. With this research, we intend to demonstrate that, although conventional brick are basic elements of construction and fulfils its functions perfectly, it is time to adapt the new technologies to the constructive methods.

*3D printing; Modular printed parts; Thermoplastic brick; Additive manufacturing*

◊ Es importante conocer las nuevas tecnologías para poder servirnos de ellas, y la impresión 3D nos aporta la posibilidad de mejorar los elementos constructivos, que, por su importancia y simplicidad, son considerados esenciales dentro del sector de la construcción.

Este estudio trata de diseñar una pieza modular apropiada para la construcción mediante nuevos procesos de producción y nuevos materiales. Los polímeros y la impresión 3D son los elementos clave del proceso. Además, se estudia implantar un nuevo modelo de pieza modular que sea capaz de sustituir al ladrillo convencional. Con esta investigación queremos divulgar los nuevos procesos asociados a la impresión 3D y como podemos mejorar la tecnología existente. El objetivo principal es diseñar una pieza modular, usando sistemas de fabricación aditiva y materiales plásticos. Posteriormente vamos a determinar las características físicas que deben tener las piezas y las posibilidades en cuanto a la geometría que el proceso de producción nos permite, además de los materiales que compondrán las piezas. Estas piezas serán sujeto de todos los test estándar aplicables a las piezas cerámicas. Adicionalmente, analizaremos los resultados obtenidos y los compararemos con piezas de ladrillo de alta calidad para asegurarnos de las posibles ventajas obtenidas. Finalmente, haremos algunas conclusiones derivadas del estudio, y se harán propuestas para nuevas vías de estudio. Con la investigación tenemos la intención de demostrar que aunque los ladrillos convencionales son elementos constructivos básicos, que cumplen su función perfectamente, es momento de adaptar las nuevas tecnologías a los métodos constructivos.

*Impresión 3D; Pieza modular impresa; Ladrillo termoplástico, Producción aditiva*

### 1. INTRODUCTION

The three-dimensional impression, increasingly common in our society, tries to reflect objects using the method of adding the material, by superimposing successive layers, thus creating an object in three dimensions [4].

There are numerous materials that are used in 3D printing as well as different printing techniques. We have chosen Fused Deposition Modeling (FDM) or Fused Filament Fabrication (FFF) [5].

The additive technique of molten deposition is a technology that consists on depositing molten polymer on a flat base, layer by layer. The material, which is initially in solid state stored in rolls, melts and is expelled from the nozzle in tiny threads that are solidifying as they take the shape of each layer [6].

In the market there are more than 60 types of materials for 3D printing, among which we can stand out:

- ◆ Polylactic acid (PLA).
- ◆ Laywoo-d3, composite wood / polymer similar to PLA.26.

- ◆ Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS).
- ◆ High Impact Polystyrene (HIPS).
- ◆ Polyethylene Terephthalate (PET).
- ◆ Thermoplastic Elastomer (TPE).
- ◆ Nylon, the most used.

The filaments are characterized by the diameter in millimeters and they are generally sold in reels by weight (kg). In addition to those mentioned above, there are other types of filaments, which due to their mechanical features create the possibility of printing objects with different applications.

This is the case of FILAFLEX, which is a plastic compound to which is added a chemical agent (plasticizer), to increase its flexibility and reduce the melt temperature and viscosity that allows the 3D printers to melt it and give it the desired shape, leaving the final product as a consistent piece that presents as main property to highlight its flexibility. Quality that other compounds lack, such as the PLA or plastic of the ABS coils if they are in a pure state [7].

In our case, we want to work with the combination of ABS and FILAFLEX, because the physical and mechanical properties of

both filaments make possible the creation of pieces suitable for construction, which we will explain later. In order to combine such filaments, we need the printer by deposition of the molten material to have at least two print heads.

## 2. OBJETIVES

We propose a series of objectives to carry out this investigation.

### 2.1 GENERAL OBJECTIVES

The main objective is to design a functional part, suitable for building construction in modules, to improve the features of existing bricks, and to provide all the advantages of new 3D printing technologies, in the field of building.

These modules are equivalent in size to the set of four bricks in facade facing, and will be printed in ABS material almost in its entirety, except for a vertical and horizontal membrane of FILAFLEX, which corresponds to the sealing of joints.

As for the method of assembly, it is done by tongue and groove in the vertical joints and union by means of staples in the horizontal joints, how can we observe in figure 1.



Figure 1: Thermoplastic modular piece

By means of this method of connection, and by the arrangement of the lower holes of the pieces, the installation can be done either "staggered" or "skirting", to guarantee the stability of the whole.

The design of the parts is sought, the speed of execution, the value for money and the ease of acquiring special parts for the realization of the system.

As for the study of the features, these pieces have the peculiarity of both the material with which they are printed and the execution process, and this makes them acquire special features that traditional bricks do not have. Among others, the modular part consists of inner cells that create air chambers that improve its acoustic and thermal features, while lightening the weight of the piece and can thus increase its dimensions.

Once the piece is designed and printed, the laboratory tests are performed for both bricks and plastics, and the results are compared with those of a ceramic brick to be used.

We highlight, among others, the different tests that occur in ceramic pieces.

- ◆ Dimensions.
- ◆ Face planning.
- ◆ Parallelism of faces.
- ◆ Geometry and shape.
- ◆ Apparent density.
- ◆ Absolute density.

- ◆ Compressive strength.
- ◆ Thermal resistance.
- ◆ Resistance to ice / thaw.
- ◆ Water absorption.
- ◆ Suction.
- ◆ Expansion by moisture.
- ◆ Soluble salt content.
- ◆ Reaction to fire.
- ◆ Adherence.

Once the physical and mechanical features of the pieces are known, we will proceed to set new uses, both in the building and construction fields.

## 2.2 SPECIFIC OBJECTIVES

As regards the specific objectives, in order to design these pieces, we must, in addition to the general dimensions, size the number and dimension of the inner cells to improve their basic features, the transversal division of the staples, to guarantee their rigidity, the printing parameters, both to avoid warping<sup>1</sup> and to streamline printing processes.

We must also determine the type of material for printing. In our case we have chosen ABS for the following features: [9]

- ◆ It is a very impact resistant plastic, making it suitable to withstand inclement weather.
- ◆ It is a plastic that undergoes exposure to relatively high temperatures, becomes deformable or even melting, while in case it cools down sufficiently it hardens.
- ◆ It is composed of three blocks, acrylonitrile, butadiene and styrene, so it is called terpolymer.
- ◆ Each of the three blocks has different features. The acrylonitrile stiffness, resistance to chemical attacks, hardness and stability to high temperatures. Butadiene, temperature toughness when it is especially low and impact resistance; and styrene, mechanical strength, stiffness, gloss, hardness.
- ◆ This mixture of properties makes the final product of great application for the construction and above all, for the manufacture of elements exposed to the elements.
- ◆ Its resistance to extreme temperatures, especially when these are of low zero make it a particularly interesting material for cold environments, staying unchanged where others become brittle.
- ◆ In addition, it absorbs little water and is easily coated with metallic layers because it is very receptive to metal baths.

- ◆ It can also be pigmented in most colors to get a good finish and is non-toxic.
- ◆ Not highly flammable, but maintains combustion.

As for FILAFLEX:

- ◆ It is the most elastic filament of the market, reaching to reach a 700% of stretch until the break.
- ◆ Has a high coefficient of friction.
- ◆ It is resistant to gasoline, solvents and acetone.
- ◆ Nontoxic, but not approved for medical or food use.
- ◆ It does not emit smells; it is totally odorless and does not produce toxic gases.

It is a suitable material, to solve the encounters between modular pieces, to absorb the movements relative to the contractions and dilations of the changes of temperature and to avoid the humidity, either by condensation, capillarity or water leaks.

The binding method of P.T.M.P. (Printed thermoplastic modular piece) is performed both vertically and horizontally to ensure stability of the assembly and avoid movement in any plane.

As mentioned above, for the execution of said pieces, it is necessary to use a printer by deposition of the molten material consisting of two extruders.

It is about depositing or melting the plastic thread through two nozzles without stopping the machine and without any stops during the printing. That is, the same double extruder has two filament outputs to print layer by layer two materials at the same time. It is printed with a nozzle and when the 3D model requires it, the printer calls the second extruder and it automatically starts printing [8].

This technique is very useful, if one wants to print a piece in multiple colors; with several materials or even if one of them serves as a water soluble support material.

## 3. THEORETICAL FRAMEWORK

This research aims to improve the properties of traditional bricks, so that in the future, it will be more cost effective to replace them with P.T.M.P.

General properties of ceramic materials: [10]

- ◆ They're hard.
- ◆ Noncombustible.
- ◆ Nonrusting.
- ◆ High resistance to high temperatures.
- ◆ Thermal isolation.
- ◆ Electrical isolation.

<sup>1</sup> Warping: This is due to the contraction, the material exits the extruder at 260 degrees Celsius, collides with the platform which is about 60, and cools, creating a contraction. The center material pulls away from the corners, causing the corners to rise. In a well calibrated printer and in a normal environment, without direct air currents, warping should not occur, except for parts with a large base surface.

- ◆ Great resistance to corrosion and the effects of erosion.
- ◆ High resistance to almost all chemical agents.
- ◆ Low resistance to stresses.
- ◆ Low elasticity.

Additives used in ceramic materials: [3]

- ◆ Degreasers, especially considering blast furnace slag and fly ash from a thermal power plant.
- ◆ The addition of sodium chloride which, in certain cases, improves drying and combat the caliche explosion.
- ◆ The addition of manganese dioxide, frequently used in the production of artificially aged products.
- ◆ The addition of crushed limestone, which allows us to reduce the dilations due to humidity.
- ◆ The addition of lime, to harden very damp clays.

#### 4. PROPOSED METHODOLOGY

It is about carrying out some guidelines in research, in order to obtain the aforementioned objectives.

- ◆ Design of the piece.
- ◆ Study of physical and mechanical features.
- ◆ Solve warping problems.
- ◆ Print the parts needed to carry out the tests.
- ◆ Perform laboratory tests.
- ◆ Data collection of the results obtained.
- ◆ Analysis of the data obtained.

- ◆ Comparison of results and requirements of the standard.
- ◆ Improve initial conditions.
- ◆ Propose new uses.
- ◆ Raise future research lines.
- ◆ Last conclusions.

#### 5. DEVELOPMENT OF THE STUDY

It is necessary to plan in detail the material resources necessary for the realization of the tests, as well as their order, depending on whether it is destructive or non-destructive tests, to economize the process and collaborate with the sustainability of the same.

Standards:

- ◆ CTN 136 - CERAMIC MATERIALS OF COOKED CLAY FOR CONSTRUCTION

Ceramic clay pieces and products for construction such as: bricks, blocks, tiles, slabs and boards, in their aspects of definitions, classification, specifications and test methods. [1][2]

International relations:

- a) CEN / TC 125 / WG 1 / TG 1 Masonry. Masonry products. Ceramic Products.
- b) CEN / TC 125 / WG 9 Masonry. Dome of cooked clay.
- c) CEN / TC 128 / SC 3 Discontinuous installation products for roofs and walls. Clay tiles.
- d) CEN / TC 178 / WG 3 Units for pavements and curbs. Ceramic products.

Norma	UNE-EN 772-19:2001
Título español	Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 19: Determinación de la dilatación a la humedad de los grandes elementos de albañilería de arcilla cocida, perforados horizontalmente.
Título inglés	Methods of test for masonry units - Part 19: Determination of moisture expansion of large horizontally perforated clay masonry units.
Título francés	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie. Partie 19: Détermination de la dilatation a l'humidité des grands éléments de maçonnerie en terre cuite perforés horizontalement.
Fecha Edición	2001-01-31
Versión confirmada en fecha	2005-04-24
ICS	91.100.15.15-20 / Productos y materiales de arcilla cocida
Comité	CTN 136 – MATERIALES CERÁMICOS DE ARCILLA CUCIDA PARA LA CONTRUCCIÓN
Equivalencias Internacionales	EN 772-19:2000 Idéntico

Figure 2: Spanish Association for Standardization and Certification

## 6. COMPARATIVE STUDY

Comprehensive, orderly and concise data collection of all the information in the process is required.

These data will be compared with those found in the regulations, and the difference between the two data will be evaluated, both in numerical index and in percentage, in order to arrive at a correct conclusion.

## 7. CONCLUSIONS

With this new execution system, we can print on-site, every piece required at any time. Thanks to the properties of ABS, we can improve the conditions of traditional brick.

With the new design of the pieces P.T.M.P. we can streamline construction processes and save costs. One of the most important data to know is the compressive strength of the product, and yes, it can behave like a load element.

The possibility of placing them dry, eliminates a game of execution and makes the construction process simpler, with what this entails. If the pieces P.T.M.P. are more insulation, they will also be more sustainable. Low cost of construction in large quantity.

The main disadvantage is that it does not allow placement error, without the destruction of the piece. In contrast, these pieces are called foolproof, they do not admit an error in the placement between them, except for staking errors.

This innovative technique for the manufacture of parts allows it to be very accessible, and for anyone with minimal computer skills to have the possibility to manufacture the part they want at any given time. So you do not need qualified staff for your printing and placement.

With this information we can propose a series of hypotheses based on data that serve as the basis for initiating an investigation.

The pieces P.T.M.P. They may be:

- ◆ More affordable, when it comes to special pieces in meetings.
- ◆ More agile construction processes.
- ◆ Improvement of resistances.
- ◆ No bonding mortar required.
- ◆ More insulation.
- ◆ More sustainable.
- ◆ 100% recoverable.
- ◆ Lower cost of production on a large scale.
- ◆ Less manufacturing power is used.
- ◆ Printing in different colors, even translucent.
- ◆ Some difficulty in inserting installations inside.
- ◆ Lower transport costs.

These hypotheses remain unresolved from the results of the laboratory tests, and their subsequent comparative analysis with a traditional brick.

## 8. REFERENCES

- [1] UNE-EN 771-1: 2011. "Specifications of parts for masonry factory. Part 1: Parts of baked clay". (2011).
- [2] UNE-EN 772-1: 2011. "Test methods for masonry pieces. Part 1: Determination of compressive strength". (2011).
- [3] L. Alviset and G. Arle, "Modification of the properties of the clays by means of additives", *Building materials*, vol. 17, n° 126, págs. 55-66, 1967.
- [4] Franz Eulate, *EMERGING TECHNOLOGIES*, 3d print, April 13, 2015. Available at: <http://tecnoemergentes.host-es.com/t5-impresion-3d>.
- [5] 3DILLA. 3D PRINTER. Fused deposition modeling. Last access May 15, 2017. Available at: <http://es.3dilla.com/impresora-3d/fused-deposition-modeling/>.
- [4] C. Escobar, *3D PRINTERS*, Types of 3D printers, September 2, 2016. Available at: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102883975-tipos-de-impresoras-3d>.
- [7] Qué Cartucho. What it is and what you can do with the flexible filament of 3D printers. Accessed the June 16, 2017. Available at <https://quecartucho.es/blog/que-es-y-que-se-puede-hacer-con-el-filamento-flexible-de-impresoras-3d/>.
- [8] S. Casal Otero, *KILO3D*, How to print in 3D with double extruder, July 28, 2016. Available at: <http://kilo3d.com/como-imprimir-en-3d-con-doble-extrusor/>.
- [9] C. Escobar, *3D PRINTERS*, The ABS printing material and its features, May 13, 2013. Available at: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102832135-el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas>.
- [10] P. Landin, *PELANDINTECNO*, Ceramic materials: properties, classification and obtaining, February 7, 2013. Available at: <http://pelandintecno.blogspot.com.es/2013/02/materiales-ceramicos-propiedades.html>.

## 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.



# Interchanges genesis Plan of Madrid

## Génesis del plan de intercambiadores de Madrid

**JAVIER ALDECOA MARTÍNEZ-CONDE**

Arquitecto, ETSAM UPM.

Email: javieraldecoa@kippec.es

**ÁNGELES RUÍZ LÁZARO**

Lic. en Historia, UCM

Email: aruizlazar@gmail.com

- ◊ Intermodality in metropolitan cities and its effects on urban development and on transport demands and everyday travel habits.
- ◊ The planning of intermodal infrastructures throughout history: projects, successes and failures.
- ◊ Spaces for modal interchange: stations, airports, sea and river ports.

**The public transport, as we know it today, originates from the end of the 18 th and beginning of the 19th Centuries. Initially a privilege for the aristocratic and bourgeoisie classes, public transport saw a surge in development once communication between Madrid and others distant urban centers became a necessity that demanded a more economical and accessible transport system. The increase of these services, along with the diversification of the means of transportation, quickly caused congestion problems at transfer points. Throughout the last century, these same problems have been confronted with a variety of diverse strategies and solutions. All in all, the history of intermodality in Madrid tells the story of an evolution that has allowed the urban web to unite all of its branches extending from the main gates that are now being converted the interchanges in relation with the city. From its creation in 1985, the CRTM (transport authority of Madrid), considered the intermodality to be a main priority within the following different fields of action: infrastructure, ticketing and whole image and information. Within the interchanges is where the integration efforts of the different transport modes best become a reality. In essence, interchanges play the same role in today's cities as the gates in the walls of a centuries-old medieval city. At this moment, interchanges are the gates to the cities of the 21st Century.**

*Intermodality; Public transport; Interchanges; Madrid*

- ◊ La intermodalidad en ciudades metropolitanas y sus efectos en el urbanismo, en la demanda de transporte y en los hábitos de viaje diarios.
- ◊ La planificación de infraestructuras intermodales a lo largo de la historia: proyectos, éxitos y fracasos.
- ◊ Espacios para el intercambio modal: estaciones, aeropuertos y puertos marítimos o fluviales.

**El transporte público, tal como lo conocemos hoy, se origina a finales del siglo XVIII y principios del XIX. Inicialmente fue un privilegio para las clases aristocráticas y burguesas. El transporte público vio un aumento en el desarrollo una vez que la comunicación entre Madrid y otros centros urbanos distantes se convirtió en una necesidad que exigía un sistema de transporte más económico y accesible. El aumento de estos servicios, junto con la diversificación de los medios de transporte, causó rápidamente problemas de congestión en los puntos de transferencia. A lo largo del siglo pasado, estos problemas se han enfrentado con una variedad de diversas estrategias y soluciones. En definitiva, la historia de la intermodalidad en Madrid cuenta la historia de una evolución que ha permitido a la red urbana unir todas sus ramas y convertir sus accesos principales en los principales puntos de intercambio con la ciudad. Desde su creación en 1985, el CRTM (autoridad de transporte de Madrid), consideró la intermodalidad como una prioridad principal dentro de los siguientes campos de acción: infraestructura, emisión de billetes, imagen corporativa e información del sistema. En los intercambiadores es donde los esfuerzos de integración de los diferentes modos de transporte se convierten en realidad. En esencia, los intercambiadores de transporte desempeñan actualmente en Madrid el mismo papel que las puertas en las murallas de una ciudad medieval de siglos de antigüedad. En este momento, los intercambiadores son las puertas de las ciudades del siglo XXI.**

*Intermodalidad; Transporte público; Intercambiadores; Madrid*

### 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

**D**ecía Arturo Soria, el visionario arquitecto y urbanista que creó Ciudad Lineal a finales del siglo XIX, que, en caso de guerra, Madrid era una ciudad muy vulnerable por la facilidad con que podía ser sitiada. Bastaba con controlar sus escasas y angostas puertas de salida para dejar a sus

habitantes encerrados en una ratonera. Y es cierto que hasta finales del siglo XIX, que Madrid comenzó a crecer más allá de sus murallas y se planteó su ensanche, la ciudad quedaba recogida en el interior de una muralla construida en 1625.

Sorprende observar cómo la ciudad, a pesar de extenderse rápidamente, ha mantenido a través de los años y de las transformaciones urbanas los mismos ejes de salida de la

ciudad, con tan sólo las modificaciones exigidas por la modernización de las carreteras y de los medios de transporte.

Lo que sí ha evolucionado de manera radical ha sido el concepto de transporte. El transporte público, tal y como lo conocemos ahora, tiene sus orígenes en los últimos años del siglo XVIII y principios del XIX. Privilegio de la aristocracia y de la alta burguesía en sus inicios, las necesidades de comunicación con Madrid de los núcleos de población más alejados, de población modesta en su mayoría, impulsaron el desarrollo de un transporte colectivo más económico.

El aumento de estos servicios, unido a la diversificación de los medios de transporte, plantea rápidamente problemas de gestión en las cabeceras y de enlaces de las líneas interurbanas con la red de transporte interno de la ciudad, problemas que han tenido, a lo largo del último siglo, diversas soluciones o intentos de solución.

En definitiva, la historia del transporte público interurbano es la radiografía de una evolución que ha permitido al tejido urbano unir todas sus arterias desde los centros vitales en que se están convirtiendo los intercambiadores.

## 2. EL NACIMIENTO DE UN SERVICIO REGULAR PARA EL TRANSPORTE DE VIAJEROS

El transporte regular de viajeros es un concepto que comienza a desarrollarse paulatinamente en España a finales del siglo XVIII. Este tipo de servicio nace, en un principio, en ciudades importantes como Madrid o Barcelona, donde existían la demanda y la infraestructura organizativa suficientes como para que empresarios emprendedores se lanzaran a la aventura. La extensión del transporte regular de viajeros a trayectos más largos, que conectarán la ciudad con núcleos urbanos más alejados, lo que ahora llamamos transporte interurbano, fue algo que se desarrolló más lentamente.

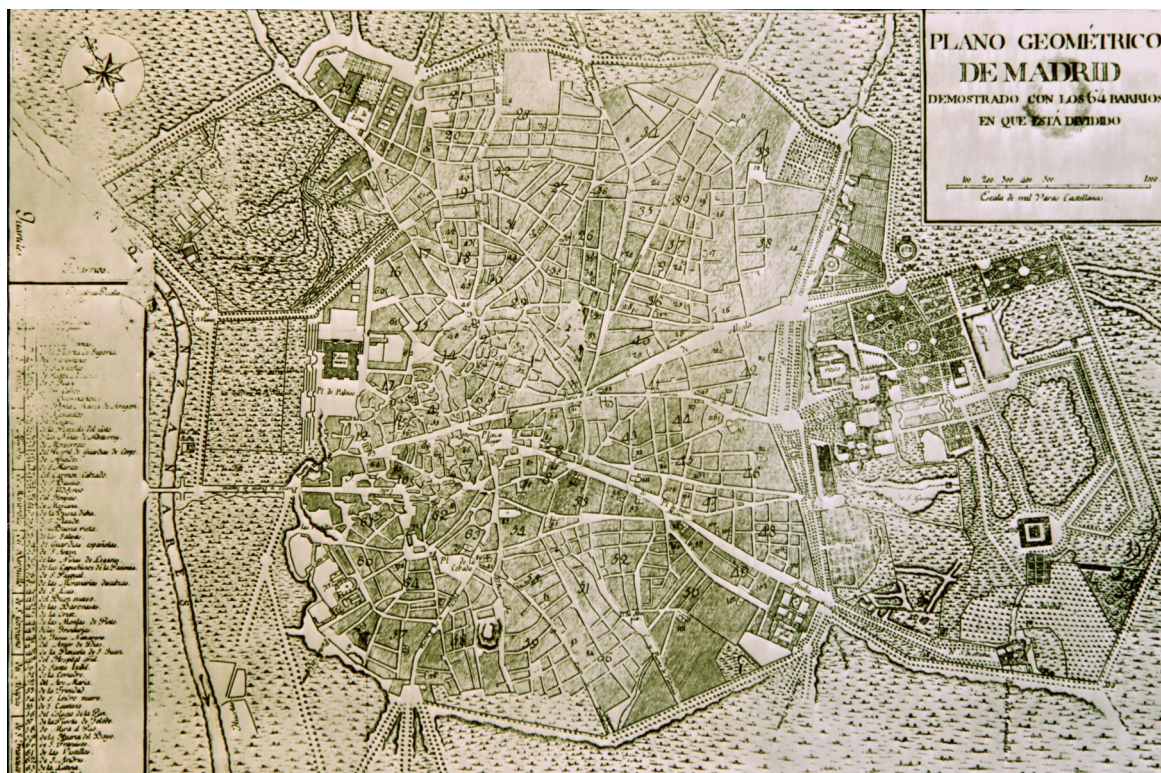


Figura 1: Plano geométrico de Madrid. 1785. Autor Tomás López .

El primer servicio público de coches, conocidos como “coches diligentes”, comienza en 1792 (Fig. 1) y es contratado por las clases sociales más altas para sus desplazamientos por el interior de la Villa y Corte únicamente. Eran una docena de carruajes, todos del mismo color, numerados, y tirados por dos mulas, con cuatro asientos y guiados por unos cocheros vestidos de librea. Tenían sus paradas en el centro de la ciudad, en las plazas de la Cebada y de Santo Domingo y en la Puerta del Sol.

El transporte hacia núcleos urbanos más alejados, en la periferia madrileña, tardó más tiempo en organizarse. Antes del desarrollo del transporte público regular, en los siglos XVII y XVIII, el viajero disponía de varias opciones. Lo más habitual

era alquilar una mula, haciéndose acompañar por un servidor que llevara el equipaje, pero también era frecuente comprar la mula y alquilar al mulero, que hacía el trayecto andando mientras cuidaba de la mula. Otra posibilidad era viajar en compañía de una recua de arrieros: éstos transportan el equipaje y el pasajero va solo a lomos de una mula.

Para aquel que quisiera hacer un viaje más económico, se le ofrecía la opción de “viajar por arrobas”. Con este sistema, el pasajero se colocaba como complemento de la carga y pagaba en razón de su peso. Los alquiladores se constituían según las necesidades, de manera individual e intermitente. Son los llamados “ordinarios, carreteros, caleseros y arrieros”, que paraban en sitios fijos. En Madrid estos puntos estaban

situados en las inmediaciones de la Puerta del Sol (calles del Carmen, Montera, San Miguel, Costanilla de Santiago y en la Plaza de la Cebada,) y en las calles de salida de Madrid (calles de Segovia, Toledo, Alcalá, Atocha).

La aparición de líneas regulares para el transporte interurbano llega en las primeras décadas del siglo XIX de la mano de las diligencias, auténtica revolución antes del ferrocarril. Aunque existieron intentos anteriores, con las compañías de diligencias es cuando se empiezan a establecer servicios a horas fijas, con paradas y rutas predeterminadas, y con tarifas unificadas, no negociadas de palabra como ocurría con los ordinarios.

En 1816 se crea la Sociedad de Cataluña, cuyo monopolio duró diez años. En los años siguientes aparecen nuevas empresas, animadas por el éxito de las primeras, entre ellas empresas dedicadas exclusivamente al transporte hacia la periferia madrileña, como la Compañía de Caleseros de Madrid. Esta compañía establece en 1825 una diligencia de tracción animal a Carabanchel a horas marcadas. A esto se añadían servicios esporádicos a los arrabales (Chamberí, Tetuán, Ventas, Vallecas).

Hacia 1840 había en Madrid una docena de empresas dedicadas a trayectos hacia las cercanías madrileñas, muy concurridos. Se calcula para estas empresas un número total de 250.000 viajeros anuales y 685 diarios en 1848. Los servicios unían Madrid con Toledo (dos viajes al día), El Escorial (tres viajes), Carabanchel (seis viajes), y con un viaje diario Alcalá de Henares, Vista Alegre, Leganés, Aranjuez, San Ildefonso, El Pardo, Jadraque, Torrelaguna, Trillo, Arganda, Getafe y Segovia.

Las diligencias partían en su mayoría de la Puerta de Sol e inmediaciones o, en el caso de la Sociedad de Diligencias Postas Generales, de la calle Alcalá, 15. La acumulación de vehículos estacionados en Sol y zonas aledañas, además del creciente tráfico de carruajes en la ciudad, producía frecuentes accidentes y atropellos y fue algo que preocupó al rey a finales del siglo XVIII, aun cuando el transporte público no estaba todavía muy desarrollado.

En 1787, una curiosa Orden del Rey Carlos III [1] obliga a que "los coches de viaje con seis mulas tuviesen su punto de partida a 325 varas fuera de las puertas de Madrid, sin permitirles bajo ningún pretexto la entrada en la Villa". Se hicieron para ello señalizaciones de piedra en los diferentes caminos de entrada a la capital, donde debían quedar estacionados estos vehículos. Es probable que esta Orden no se llegara a cumplir con rigor nunca, pero queda a pesar de todo como uno de los primeros intentos para regular el tráfico de entrada a Madrid. Curiosamente, por medio de una suerte de aparcamientos a las puertas de la ciudad que producen cierto eco cuando pensamos en los actuales aparcamientos de intercambio modal o disuasorios o a las actuales estaciones de autobuses.

Volviendo a las diligencias, éstas utilizaban los caminos marcados de salida de la ciudad, que por aquellas fechas, y hasta el ensanche de 1860, no se extendía más allá de la vieja cerca de 1625, descrita con gran detalle por el plano

que el portugués Pedro de Texeira realizó en 1656, cierra Madrid al oeste por el Palacio Real; al este por los paseos de Recoletos y el Prado; y al norte y al sur por lo que ahora son las rondas interiores, al norte Alberto Aguilera, Bilbao, Alonso Martínez y Génova, y al sur Atocha y las rondas de Valencia, Toledo y Segovia.

La instrucción de la Dirección General de Obras Públicas del 28 de febrero de 1857 (publicada en la Gaceta de Madrid nº 1.565 de 18-04-1857) nos da los itinerarios de salida de la Villa, que coinciden con los que se observan en el plano de Texeira [2]: "La medición de carreteras empezará a contarse desde la losa que se ha colocado en la Puerta del Sol de Madrid, en la prolongación del eje del Ministerio de Gobernación, y a diez metros del plano que forma el zócalo de la puerta central del edificio [...]. Para la carretera de Madrid a Irún, por Burgos, la medición se hará por las calles de la Montera y Fuencarral, a salir por la puerta de Bilbao. Para la de Francia [...], se llevará la medición por la calle de Alcalá, a salir por la puerta del mismo nombre. Para la de Valencia [...], se hará por la Carrera de San Jerónimo, Plaza de las Cortes, calle de Trajineros a la puerta de Atocha. Para la de Cartagena, por Albacete y Murcia, y las de Cádiz y Toledo, por las calles de Carretas, Concepción Jerónima y de Toledo a la puerta de este nombre. Para la de Badajoz, por las calles Mayor y Espartero, plazuela de Santa Cruz, calle Imperial y de Catoneros, Puerta Cerrada y calle de Segovia, a la puerta de este nombre. Y para las de Vigo, Coruña, Gijón y Santander, por la calle del Arenal, plaza Isabel II, calle de la Biblioteca, San Quintín y Bailén, el paseo de San Vicente y puerta del mismo nombre."

### 3. LA LLEGADA DEL FERROCARRIL Y EL DESARROLLO DE LOS TRENES DE CERCANÍAS

El reino de la diligencia comenzó a tambalearse con la llegada del ferrocarril, que en pocos años se adueña del tráfico de viajeros en los trayectos principales. Por dar sólo un ejemplo, la diligencia de Madrid a Aranjuez desaparece ya en 1854, tres años más tarde de la inauguración del primer ferrocarril madrileño: el ferrocarril recorría el trayecto en menos de hora y media, cuando la diligencia tardaba entre cuatro y cinco horas. Mal que bien, las diligencias, cada vez más relegadas a trayectos secundarios, sobreviven hasta principios del siglo XX, enterradas no por éste, sino por automóviles y autobuses.

El ferrocarril llegó a Madrid, como bien es sabido, en 1851 (Fig. 2), cuando se crea la segunda línea de ferrocarril de España, entre el embarcadero de Atocha y Aranjuez, lugar de recreo de la Familia Real, lo que ahora es la línea C-3 de Cercanías, con paradas en Pinto, Valdemoro y Ciempozuelos.

En 1858 se prolonga la línea hasta Alicante, con lo que se pudo decir eso de que "Madrid ya tiene puerto de mar". Tras la necesidad de dar a Madrid un puerto en el Mediterráneo nació la necesidad de buscar los núcleos mineros e industriales de la cornisa cantábrica.

El ferrocarril del Norte, desde la estación de Príncipe Pío, paraba en las inmediaciones de Madrid, en Pozuelo, Las

Rozas, Torrelodones y Villalba. El primer tramo, hasta El Escorial, lugar una vez más vinculado a la realeza,

corresponde a la actual línea C-8 de Cercanías y se abrió en 1861.

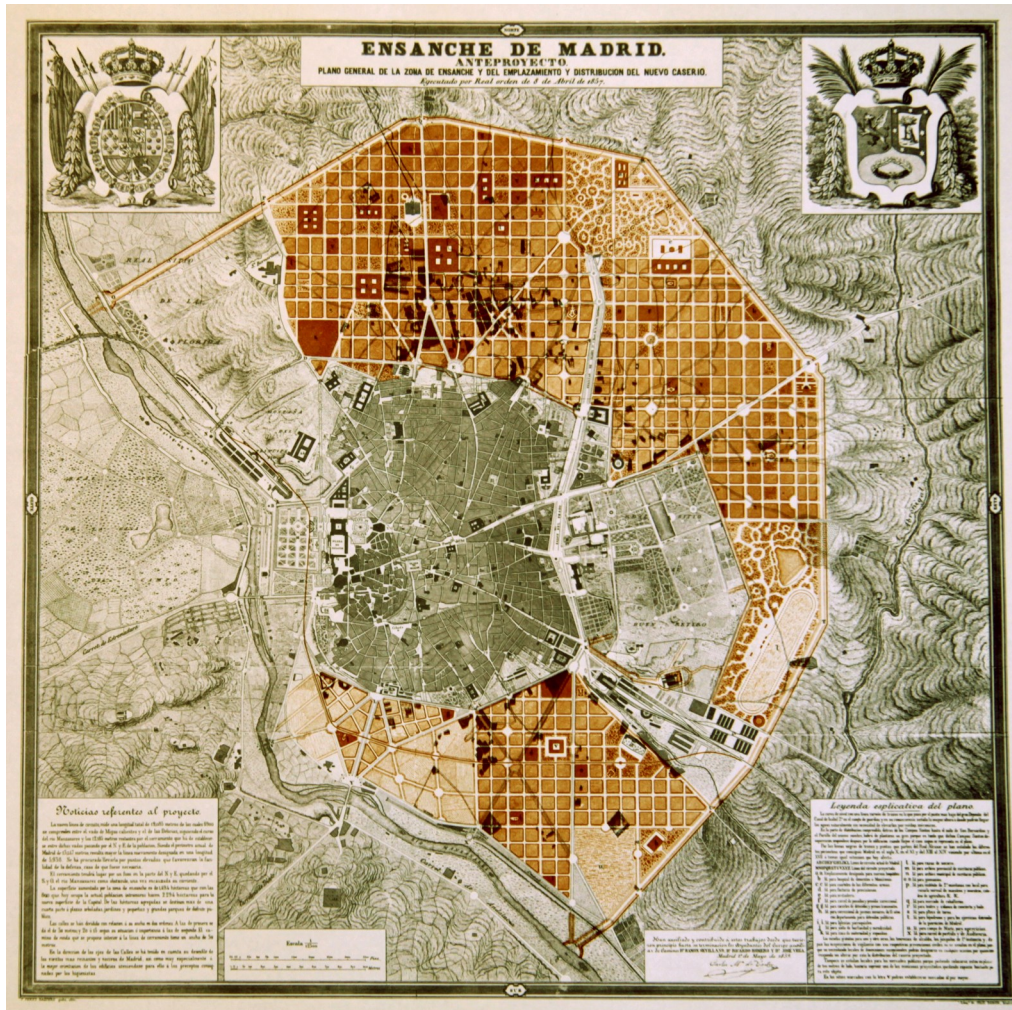


Figura 2: Proyecto de Ensanche para Madrid. 1857. Autor Carlos María de Castro.

La elección de Atocha y Príncipe Pío, antiguas puertas de la muralla de 1625, obedece, al margen de avatares novelescos, a una clara continuidad histórica: la estación para el ferrocarril hacia Valencia se ubica en el punto de arranque de la carretera de Valencia, la puerta de Atocha.

De la misma manera, para el ferrocarril hacia el Norte se eligió la puerta de San Vicente, donde arrancaba la carretera de El Pardo, que luego cruzaba la sierra de Guadarrama hacia el norte. Lugar de partida y llegada de trenes, Atocha y Príncipe Pío quedaron marcados como nuevas puertas de entrada a la ciudad para miles de pasajeros, lugares donde poco a poco iban a confluir igualmente líneas de Cercanías, de Metro y autobuses, y que han perdurado hasta hoy como puntos importantes de intercambio, a pesar de no estar ya, en el caso de Atocha, en las afueras de la ciudad, sino prácticamente en el centro.

A las líneas de largo recorrido con parada en las inmediaciones de la ciudad se fueron añadiendo, para dar servicio a municipios de la periferia madrileña, los ferrocarriles de Cercanías, llamados de “vía estrecha o económicos”, como el de Arganda, que salía de Pacífico, o el de Villa del Prado y Almorox, desde la antigua estación

Madrid-Goya.

Con la expansión del ferrocarril llegó el desarrollo del tranvía en Madrid, que rápidamente dio servicio a los núcleos de población más próximos de la capital, como Vallecas, Carabanchel o Fuencarral. Las líneas hacia el suroeste y sureste son de finales de los años 1870, mientras que las del norte y noreste tuvieron un desarrollo más tardío, a finales del XIX y primeros años del XX. Ningún tranvía circulaba hacia el oeste ni noroeste, zonas poco pobladas y habitadas por clase alta, donde además ya llegaba el ferrocarril del Norte. Hubo a pesar de todo un intento de tranvía de vapor al Pardo por parte de la “Compañía General Española de Tranvías”, que no llega a realizarse, y en 1902 se inaugura una línea de 11 km por San Antonio de la Florida, con fines recreativos y que deja de circular en 1917.

El trazado de estos tranvías sigue los caminos tradicionales de salida de Madrid, por los que ya circulaban las diligencias. Algunas líneas siguen saliendo de Sol o aledaños, como en 1877 la de los Carabancheles y Leganés, de la “Compañía General Española de Tranvías”, que saliendo de la Plaza Mayor iba por la carretera de Toledo como años antes lo hizo la línea de diligencias.

Pero la mayoría ya no arrancan del centro, sino de puntos situados en la salida de las carreteras radiales. Con la apertura de estas líneas hacia la periferia más inmediata, la zona de Cuatro Caminos, en la salida hacia el Norte de Madrid por la calle Bravo Murillo; Ventas, en la salida hacia el Este por la calle Alcalá y el camino de Aragón; o la zona de Pacífico, saliendo por la carretera de Vallecas; y que constituyen los nuevos límites de la ciudad tras el ensanche, se convierten por primera vez en zonas de intercambio, donde los pasajeros deben interrumpir necesariamente su viaje para cambiar de unas líneas a otras.

#### 4. PRIMEROS INTENTOS PARA GESTIONAR LOS FLUJOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Entre el último cuarto del siglo XIX y los primeros años del siglo XX se fue completando el ensanche planeado por Castro. Las antiguas puertas de la ciudad quedaron como plazas, las murallas dieron paso al paseo de la ronda interior y aparecieron nuevos puntos de acceso a la ciudad, más alejados del centro. A pesar de ello, la estructura de los ejes de acceso a Madrid sufre poca variación, ya que los nuevos accesos se sitúan en la prolongación de las antiguas carreteras de salida de la ciudad.

Si observamos el plano de Madrid realizado por la Oficina del Plan de Madrid en 1929 [3] para el concurso de ideas convocado en 1932, vemos cómo por el norte la salida de Madrid se hace por el antiguo camino de Fuencarral, y su prolongación por la calle Bravo Murillo hasta Cuatro Caminos, nueva puerta de salida de la ciudad.

El paseo de la Castellana y su prolongación hasta el Hipódromo (donde se construyeron los Nuevos Ministerios entre 1936 y 1942), al extenderse la ciudad hacia el este, deja de ser el límite de Madrid para convertirse en un eje central de circulación norte-sur, utilizado tanto por los automóviles como por el tranvía.

Por el este, la calle de Alcalá sigue siendo el camino natural de salida hacia la carretera de Aragón, situándose el límite de la ciudad en Ventas.

Por el sureste, la evolución es similar, aunque la importancia de Pacífico como nueva puerta de entrada de Madrid queda mermada por el papel creciente de Atocha como estación de ferrocarril.

Hacia el sur, como bien se ha dicho, *“ancha es Castilla”*: los caminos son varios, y los trazados más cambiantes. La salida por la puerta de Toledo gana en importancia, ya que de la puerta del mismo nombre arrancan también las carreteras de Fuenlabrada y Andalucía. Esta última presenta un segundo camino de salida, desde Atocha por el paseo de Delicias hasta el puente de Andalucía. Esta multiplicidad traduce igualmente el rápido crecimiento de la población de los arrabales del sur.

En el oeste, por el contrario, al estar frenado el crecimiento de Madrid por el valle del Manzanares, las modificaciones son mínimas. La salida del puente de Segovia sigue como punto de arranque de la carretera de Madrid a

Extremadura.

Por el noroeste, la salida se hace por el camino de El Pardo, en la orilla izquierda del río. El punto de partida, en la glorieta de San Vicente, queda reforzado en su función de puerta de la ciudad por la ubicación de la estación de Norte (actual Príncipe Pío).

Como complemento al tranvía, que daba servicio únicamente a una parte de la población de las afueras de Madrid, y en cierto modo tomando el relevo de las antiguas diligencias, comienza a principios de siglo a ponerse en servicio el autobús.

Existían en 1929 (Fig. 3) sesenta y tres líneas radiales de autobuses interurbanos, más 15 de enlace entre provincias. La red de autobuses se desarrolló más en las zonas donde no llegaba el ferrocarril y donde había fuerte demanda por parte de la población.

Hacia el Norte, llegaba hasta los pueblos más importantes, como Alcobendas o San Sebastián de los Reyes, y más lejos, Algete, El Casar o Torrelaguna.

Hacia el este las líneas eran muy numerosas, llegando a Cuenca y pasando Guadalajara. Hacia el sur, donde la red ferroviaria comenzaba a ser bastante tupida, las líneas eran más escasas, aunque había una a Aranjuez, otra a Parla y diversas a pueblos de las inmediaciones.

Por el contrario, hacia el oeste, con sólo el ferrocarril de vía estrecha de Almorox, había numerosas líneas a Arenas de San Pedro, Talavera de la Reina, y otros centros urbanos.

Por el noroeste hacia la sierra, zona menos poblada y por donde pasaba el ferrocarril del Norte, sólo concurrían un autobús hasta Segovia, y otros a Aravaca y Pozuelo desde las inmediaciones de la Gran Vía.

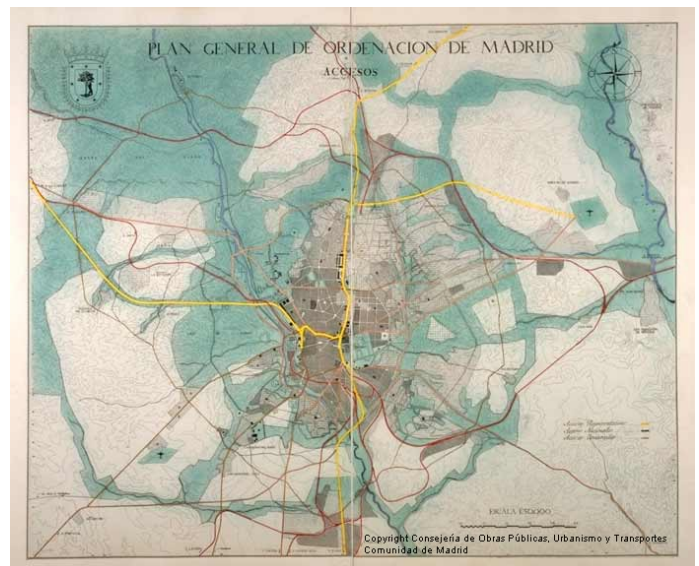


Figura 3: Madrid en el siglo XX.

Con el auge del transporte en autobús comienzan los problemas de gestión en las cabeceras. En 1929 se señala ya la *“carencia de estaciones, que a más de la incomodidad para el público produce frecuentemente conflictos con el tráfico”*.

Esta preocupación fue uno de los motivos que llevó al Ayuntamiento de Madrid a convocar un concurso internacional de proyectos para la ordenación de Madrid en 1932. Aunque el concurso quedó desierto, las propuestas fueron numerosas, algunas de ellas muy interesantes.

Entre las diversas soluciones que se propusieron durante esos años, destaca la propuesta del ingeniero Paz Maroto [4], que plantea la creación de *“una gran estación debajo de la Plaza Mayor para los autobuses a los lugares de la provincia y su enlace allí con otros urbanos y tranvías”*.

Esta propuesta, que no llegaría nunca a realizarse, es sin embargo de gran importancia, ya que supone el principio de la reflexión sobre dos elementos clave de la gestión del transporte público madrileño actual: la infraestructura necesaria en las cabeceras de autobuses para el correcto funcionamiento del servicio, y los enlaces de las líneas interurbanas con la red metropolitana. En definitiva, Paz Maroto está planteando la primera idea de lo que será más adelante el *intercambiador* tal y como hoy lo conocemos.

Los años de la República fueron fértiles en cuanto a reflexión sobre el transporte público. Con gran visión de futuro, Indalecio Prieto se plantea la solución de continuidad entre las líneas de ferrocarril como estorbo para la expansión de Madrid y propone las medidas siguientes:

- ♦ Construir un servicio de *“cercanías”*, base del Madrid futuro, un sistema de transporte económico que permitiese establecer viviendas dignas para los habitantes de Madrid.
- ♦ Cerrar la estación de Norte (Príncipe Pío), cuyo emplazamiento era cada vez más incómodo, puesto que la ciudad se extendía hacia el norte, y abrir una nueva estación en Chamartín, inicio del nuevo ferrocarril Madrid-Burgos. A esta estación llegaría igualmente la línea del norte, desviándose en Las Rozas por el monte de El Pardo.
- ♦ Meter la línea férrea en el corazón de Madrid, para unir las dos estaciones de ferrocarril, mediante un túnel desde Atocha por el paseo del Prado hasta salir a la superficie en Fuencarral. La línea tendría dos estaciones subterráneas intermedias, en Nuevos Ministerios y Recoletos.

La visión de Indalecio Prieto resultó sin embargo ser demasiado avanzada para la época y aunque llegaron a empezarse las obras, el túnel, bautizado por la población madrileña como *“el túnel de la risa”*, no llegó a completarse. Hubo que esperar hasta después de la Guerra Civil para que, en el Plan de Ordenación Urbana de Bidagor de 1946, se retomara esta idea y se construyera el túnel de enlace entre Atocha y Chamartín, hoy imprescindible para los trenes de la red de Cercanías. Las obras se retrasaron tanto, sin embargo, que hasta 1964 no se abrió el enlace Las Rozas-Chamartín. El túnel bajo el paseo de la Castellana tuvo que esperar un poco más, hasta 1967, año en que la línea Chamartín-Las Rozas fue electrificada y se abrieron al público las estaciones de Nuevos Ministerios, Recoletos, y un apeadero provisional junto a la estación de Atocha.

Con el Plan Bidagor [5] se abre la reflexión sobre la

necesidad de una *“línea de circunvalación”*, que permita, por un lado, comunicar entre sí los poblados satélites de Madrid, y por otro lado mejorar las conexiones entre las líneas radiales exteriores y la red interior: *“El núcleo interior necesita recoger todas las líneas radiales en una circunvalación que recorra interiormente el perímetro de su recinto y que sirva de base de partida a las líneas de penetración desde el exterior. Ese anillo sería el engarce que abriría toda clase de posibilidades de combinación entre las líneas exteriores y las líneas metropolitanas interiores y los demás medios de transporte”*.

Paz Maroto [6], en su estudio sobre el *“Futuro Madrid”* encargado en 1939 por el alcalde de Madrid Alberto Alcocer, propone además el trazado de un *“ferrocarril de circunvalación”*. Este ferrocarril dispondría de *“estaciones próximas a los accesos por carretera, para constituir zonas de intercambio modal”*. Asimismo, Paz Maroto quiso sentar las bases de la circulación de autobuses interurbanos, proponiendo la construcción de cuatro estaciones de autobuses en los principales puntos de salida de Madrid: Chamartín hacia el Norte, plaza de la Beata María Jesús, en Delicias, hacia el Sur, paseo de la Virgen del Puerto, próximo a Príncipe Pío, por el Oeste, y una cuarta en el cruce de O'Donnell, para los autobuses del Este.

## 5. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NUEVOS ACCESOS A LA CIUDAD

Los ejes de salida de Madrid, que como hemos visto, se han mantenido inamovibles a lo largo de los siglos, con las variaciones únicamente consecuencia del crecimiento de la ciudad, se modifican de manera significativa con la construcción, en los años cincuenta, de los nuevos accesos por carretera. Los antiguos caminos de salida, a lo largo de los cuales se fueron desarrollando importantes núcleos de población, resultaban cada vez más insuficientes para absorber el tráfico de entrada a la capital.

La solución que se plantea es reservar las antiguas carreteras para el acceso a los barrios periféricos, y construir nuevas vías para canalizar el tráfico de entrada a Madrid por zonas menos pobladas. Con la construcción de los nuevos accesos por autopista a Madrid pierden importancia para el tráfico las históricas puertas de entrada a la ciudad, al mismo tiempo que aparecen nuevos puntos de acceso.

Debido al gran crecimiento de Madrid hacia el Norte, la calle Bravo Murillo, antiguo eje de salida de Madrid, queda como columna vertebral del barrio de Tetuán y salida secundaria hacia la carretera de Burgos y Francia. El Paseo de la Castellana, y su prolongación desde Nuevos Ministerios hasta la Plaza de Castilla queda como eje de circulación norte-sur y vía de salida de Madrid hacia la carretera nacional N-I. Esta plaza toma el relevo de Cuatro Caminos como nueva puerta de entrada a Madrid por el norte.

Por el nordeste, la antigua carretera de Aragón queda como eje de los barrios de la Concepción, Pueblo Nuevo y Canillejas. La entrada de la carretera nacional N-II se resuelve con un desdoble, al norte desde Canillejas hacia Avenida de América, en la prolongación de la calle María de

Molina, y más al sur, se hace el acceso a la calle Alcalá por la calle O'Donnell. Con este trazado nace la Avenida de América, plaza y nudo de comunicación tras la construcción del nuevo acceso y cuya importancia será creciente en los años siguientes.

Por el sureste, para salvar el pueblo de Vallecas y Pacífico, la carretera nacional N-III desvía el tráfico hacia el norte por la Avenida del Mediterráneo, que, viniendo desde Atocha por el Paseo de María Cristina, arranca en Conde de Casal. De manera análoga a la carretera de Aragón, la carretera de Valencia, convertida en Avenida de la Albufera, queda como eje del barrio de Vallecas.

En el sur, donde los accesos siempre fueron plurales y variantes, es donde se realizan más cambios. La carretera de Toledo, N-42, abandona su trazado histórico para evitar esta zona fuertemente poblada, y arranca al final del paseo de Santa María de la Cabeza, en el puente de Praga, punto de partida igualmente para la carretera de Andalucía, N-IV. Aunque el trazado fue luego sensiblemente diferente, ya se pensó hacer un desvío de la carretera nacional N-V desde Alcorcón hasta este mismo punto. Príncipe Pío queda así como puerta de acceso secundario a la ciudad desde el oeste por el paseo de Extremadura.

No ocurre lo mismo con la carretera nacional N-VI. La transformación del parque de la Moncloa en Ciudad Universitaria permitió abrir por allí fácilmente el acceso de la carretera de la Coruña desde el nuevo punto de salida, Moncloa, abandonando la tradicional salida por el camino de El Pardo que seguía la margen izquierda del río desde la puerta de San Vicente.

Esta carretera no servía en un inicio a grandes núcleos próximos, aunque los fines de semana crecía el tráfico hacia las numerosas residencias secundarias ubicadas en la Sierra de Madrid. Con el tiempo, sin embargo, los núcleos de población de la sierra fueron creciendo hasta ser hoy una de las salidas de Madrid más concurridas.

Estos nuevos accesos quedan unidos entre sí con la construcción en los años setenta de la M-30, por los cauces del arroyo Abroñigal y el río Manzanares. En los años ochenta se cerró definitivamente la circunvalación por el norte con la Avenida de la Ilustración y a principios del siglo XXI se enterró gran parte del trazado que discurría a ambos lados del río Manzanares.

## 6. LA PROGRESIVA UNIFICACIÓN DE LAS CABECERAS DE AUTOBUSES Y EL NACIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES

Esta nueva fisonomía de la ciudad supone una reorganización del transporte interurbano por carretera, que creció rápidamente en importancia en la segunda mitad del siglo XX. En 1964, existían 25 líneas con servicios a la periferia más cercana, sin contar las que iban a núcleos de población más alejados. En 1970, de 25 se pasa a 29 líneas, y a 31 en 1975.

Las líneas pertenecían a muy diversas empresas privadas, destacando en 1972 Trap con siete líneas, o Gerardo Díez

con cinco. [7] Estas líneas iban señaladas con la inicial "P" y un número de identificación. En 1964, transportaban 18 millones de viajeros, pero entre este año y 1968 la utilización de este medio de transporte dio un salto espectacular, ya que alcanzó los 70 millones de usuarios anuales. [8]

La competencia del automóvil en estas líneas es escasa, ya que sirven en su mayoría a barrios proletarios que no disponen de medios para el transporte privado. Muchas de estas líneas periféricas se crean como sustitución del tranvía, que ya había abandonado el centro en 1948, y cuyas líneas se van suprimiendo hasta su total desaparición en 1972. En 1971, las líneas "P" son absorbidas por la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, EMT, quedando como empresas privadas únicamente las que daban servicio interurbano a localidades más alejadas.

Las líneas de autobuses tardaron sin embargo en utilizar estos nuevos accesos, manteniendo los trayectos por las antiguas carreteras que es donde se encontraban los grandes núcleos de población, además de situarse allí las estaciones de Metro para el enlace con la red metropolitana.

En 1975, las cabeceras de las líneas que salían hacia el norte se repartían entre Plaza de Castilla y Cuatro Caminos. Por el este, la utilización de Avenida de América como punto de partida de las líneas fue más tardía, ya que en 1975 las cabeceras estaban situadas a lo largo de la calle Alcalá, antigua carretera de Aragón, en Ventas, en Pueblo Nuevo, Quintana, o Cruz de los Caídos (cruce de la calle Alcalá con la calle Arturo Soria).

Hacia el sureste, la zona de partida seguía estando en la glorieta de Atocha, o, por la antigua carretera, en el puente de Vallecas y Pacífico. Hacia el Sur, los puntos de salida estaban mucho menos unificados, a imagen de las carreteras: las salidas se efectuaban desde Atocha, Embajadores, Puente de Toledo y Legazpi.

A pesar de que las cabeceras de autobuses interurbanos buscaran la máxima proximidad con la red de Metro para facilitar el trasbordo de una red a otra, en el análisis de comunicaciones realizado por la Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid (COPLACO) en 1977, se señala *"la falta de coordinación espacial que en la actualidad existe con los medios de transporte urbano, tanto en el núcleo central como en los periféricos"*. COPLACO [9] hace igualmente hincapié en la ausencia de infraestructuras adecuadas para agilizar los trasbordos de una red a otra, que pudieran evitar aglomeraciones y pérdidas de tiempo: *"Por lo que respecta a la red de Metro y a las líneas periféricas de autobuses y a las concesionarias del MOP, los puntos de intercambio se localizan en las estaciones de Metro más cercanas a los accesos a Madrid de la red viaria. No existe ningún tipo de tratamiento especial de estos puntos, limitándose a situarse las cabeceras de las líneas de autobuses en un entorno de hasta 10 minutos de la estación de Metro. Más que "puntos de intercambio" se pueden considerar "zonas de intercambio", con lo que el tiempo de viaje queda generalmente influido por el trasbordo de un medio a otro, lo que influye desfavorablemente en el uso del transporte público frente al privado"*.

Esta situación se mantiene en años posteriores, a pesar del rápido aumento del número de líneas. La progresiva puesta en servicio de la línea de Metro Circular, la línea 6, a partir de 1979, mejora sensiblemente la conexión entre los autobuses interurbanos, la red de ferrocarril de Cercanías y la red de Metro.

A pesar de ello, los problemas de conexión entre Metro y autobuses interurbanos siguen presentes en 1982, según texto de la revisión del Plan General del Municipio de Madrid [10]: “La estación sur, situada en el distrito de Arganzuela, no es demasiado utilizada por los servicios suburbanos, siendo terminal de la mayoría de las líneas de largo recorrido. Las instalaciones de estos lugares de transferencia o de término son prácticamente inexistentes, dificultando su integración en la ciudad y haciendo poco atractiva su utilización por los usuarios del transporte colectivo”.

En 1989, la situación no sólo no ha mejorado, sino que, con el aumento en el número de líneas y de empresas, se han multiplicado los puntos de salida de los autobuses. Destacan como cabeceras, hacia el norte, Plaza de Castilla y la estación de Chamartín, aunque ciertas líneas salen de las inmediaciones, calle Orense y calle General López Pozas. A pesar de la importancia de la Plaza de Castilla como punto de partida de los itinerarios hacia el norte, ciertos autobuses siguen saliendo de la Glorieta de Cuatro Caminos.

Hacia el este, pocas empresas tienen su cabecera en Avenida de América, prefiriendo la calle de Alcalá. El desplazamiento de las cabeceras del sureste de Madrid hacia Conde de Casal, punto de enlace de la carretera nacional N-III con la M-30, y donde se ubica desde 1979 la estación de la línea 6 Conde de Casal, está en cambio bastante más avanzado. Atocha recoge igualmente un número importante de líneas con servicio hacia el sureste.

Hacia el sur, los puntos de partida son múltiples, ya que las carreteras de Toledo y Andalucía tienen menos definidos los puntos de entrada a Madrid. Las líneas que vienen por la antigua carretera de Toledo, dando servicio a municipios de la antigua carretera como Getafe y Parla, tienen la cabecera bien en Oporto, lugar de conexión con la línea 6 de Metro, bien, ya adentrándose más en la ciudad, en Embajadores. Las líneas que entran por Santa María de la Cabeza tienen cabecera en Cibeles, Atocha, Estación Sur, y Palos de la Frontera.

A Legazpi, con conexión a las líneas 3 y 6 de Metro, llegan las líneas que vienen por la carretera nacional N-IV, cuando no siguen hasta Atocha. Al estar mucho más desarrollada la red de Cercanías de RENFE en la zona sur de Madrid, estas son prácticamente las únicas estaciones de autobuses que cuentan con posibilidad de intercambio a esta red.

La zona suroeste tiene cabeceras en Aluche y Campamento, con conexión a la red de Metro y, en el caso de Aluche, a la línea de Cercanías. Algunas líneas siguen sin embargo hasta Príncipe Pío, por donde en esas fechas todavía no pasaba la línea Circular de Metro.

Hacia el noroeste, el grueso de las líneas a la sierra, cada vez más numerosas, comienza a salir desde Moncloa y el Paseo de Moret. Siguen saliendo sin embargo algunas líneas desde la antigua puerta de la ciudad y camino del Pardo: glorieta de San Vicente, paseo de la Florida, Plaza de España y otros puntos de las inmediaciones.

Cinco años más tarde, en 1994 (Fig. 4), la agrupación de las cabeceras presenta una sensible mejora. Se ha reducido el número de cabeceras de manera importante, concentrándose cada vez más las líneas en los puntos de enlace de las carreteras nacionales con la línea 6 de metro, y abandonando poco a poco los itinerarios por las antiguas



Figura 4: Madrid en el siglo XX

carreteras. Comienzan igualmente a construirse los primeros intercambiadores, que permiten crear una infraestructura común para todas las líneas, además de agilizar la conexión con la red de Metro, como el de plaza de Castilla en 1992, el de Moncloa en 1995, o el de Avenida de América ya en el 2000.

El nuevo plan de intercambiadores del Consorcio de Transportes [11] se sitúa como culminación de este proceso de unificación de las cabeceras de las líneas de autobuses interurbanos en puntos con conexión a la línea circular de Metro.

Con la sensible mejora de los intercambiadores ya existentes, Plaza de Castilla, Moncloa, Avenida de América, y Príncipe Pío, y la construcción de nuevos intercambiadores en Conde de Casal, Chamartín y Plaza Elíptica, se completará una red de intercambio modal articulada en torno a las entradas de Madrid por carretera y a la línea de circunvalación interior de Metro.

Arturo Soria quedaría asombrado al ver cómo aquel Madrid de angostas puertas y cerrada muralla ha dado paso a un moderno y fluido sistema de intercambiadores de transporte, nuevas puertas de una ciudad ya no cercada por una muralla, sino unida por una red de Metro pensada para una máxima movilidad.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Orden Real recogida en F. AGUILAR PIÑAL, "Problemas del transporte madrileño en el siglo XVIII", *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, IX, 1973, p. 341.
- [2] Instrucción de la Dirección General de Obras Públicas del 28 de febrero de 1857 (publicada en la Gaceta de Madrid nº 1.565 de 18-04-1857).
- [3] Oficina Municipal del Plan, Información sobre la Ciudad, Instituto geográfico catastral, Madrid, 1929.
- [4] Paz Maroto, J. *El problema de la circulación en Madrid*, Madrid, Imp. Municipal, 1933.
- [5] Ayuntamiento de Madrid, Oficina Municipal del Plan, *Madrid: 40 años de desarrollo urbano, 1940-1980*, Madrid, 1981, p. 87.
- [6] Paz Maroto, J. *El futuro Madrid. Plan General de Ordenación y Extensión de Madrid* presentado al Excelentísimo Ayuntamiento, Madrid, 1939, p. 11 y 12.
- [7] Ayuntamiento de Madrid, *Estadística Municipal*, publicación anual.
- [8] López Gómez, A., *Los transportes urbanos de Madrid*, CSIC, Instituto Juan Sebastián Elcano, Madrid, 1983, p. 118.
- [9] COPLACO, *Comunicaciones. Análisis de problemas y oportunidades*, Madrid, 1977.
- [10] Ayuntamiento de Madrid, Oficina Municipal del Plan, *Revisión del Plan General del Municipio de Madrid. Avance. Los transportes en Madrid*, Febrero 1982.
- [11] Consorcio de Transportes de Madrid, *Plan de intercambiadores de Madrid*, Aldecoa et al., ISBN 978-84-86803-63-6, 2009.

---

## 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.



# Masonry structures assesment and photogrammetry. Case study: San Millán de Segovia

## Evaluación de estructuras de fábrica y levantamiento fotogramétrico. Caso de estudio: San Millán de Segovia

**MIRIAM GUERRA MARTÍN**

Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

Email: [mgm19491@gmail.com](mailto:mgm19491@gmail.com)**JULIÁN GARCÍA MUÑOZ**

PhD, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

Email: [julian.garcia@upm.es](mailto:julian.garcia@upm.es)

- ◊ A complex photogrammetry technique can be used as a geometric base to analyze masonry structures.
- ◊ The rapid processing of the geometric data is feasible when we need to adapt them to the requirements of the different stability analysis methods.
- ◊ The use of photogrammetry allows to determine the exact geometry and position of the historical masonry walls when they are seen outdoors.
- ◊ The combination of detection systems with the analysis methods can be of great interest in cases in which we need a quick survey.

The advanced technology of the new photogrammetric systems, whose progressive improvements could be due to both better resolution of the new cameras and the recent development of sophisticated interpolation algorithms, permits nowadays register not only the general aspect of the building architecture plan and elevations but also, learning in detail the geometry of the parts that integrate the building, and more significantly, the main elements of its structure. In fact, it has a great interest in many areas, and specially in masonry structures, where stability analysis require detailed information about the structural joints of the materials that set the element as well as the specific geometry of the junction that appears between the contact of one block with another. In this work, we demonstrate that a complex photogrammetry technique can be used as a geometric base to analyze masonry structures. The San Millan de Segovia's church is used as an example of structure for the study. This study addresses the different parts of the process, from the photogrammetric lifting to the simplification processes used for implementing this procedure automatically to any type of structure, pointing out the operational simplicity that this technique allows.

*Photogrammetry; Masonry walls; Arches; Orthophoto; Photoelasticity*

- ◊ El levantamiento fotogramétrico complejo es empleado como base geométrica para el análisis de una estructura de fábrica.
- ◊ El rápido procesado de los datos geométricos para adaptarlos a los requisitos de los diferentes métodos de análisis de estabilidad es factible.
- ◊ El uso de fotogrametría permite determinar la geometría exacta de los aparejos que componen una fábrica histórica cuando estos son vistos al exterior.
- ◊ La combinación de estos sistemas de detección con los métodos de análisis puede ser de gran interés en casos en los que se precise de un peritaje rápido.

La precisión de los nuevos sistemas de registro fotogramétrico, cuya progresiva mejora puede atribuirse tanto a la elevada resolución de las cámaras modernas como al reciente desarrollo de sofisticados algoritmos de interpolación, permite en la actualidad registrar no solamente las trazas generales de la planta y los alzados de un edificio sino, además, conocer en detalle la geometría de las piezas que lo componen, y muy señaladamente de los elementos que forman su estructura. Este hecho es de gran interés en muchos campos, y especialmente en el ámbito de las estructuras de fábrica, ya que los análisis de estabilidad de éstas precisan (al menos cuando se pretende incorporar al estudio el comportamiento local) de información detallada sobre la articulación de los materiales que las componen: trabas, aparejos o geometrías específicas de los lechos en los que unas piezas entran en contacto con otras. El presente trabajo desarrolla un caso concreto, el de la iglesia de San Millán de Segovia, un edificio en el que el levantamiento fotogramétrico complejo se ha empleado como base geométrica para el análisis de la estructura de fábrica. En este estudio se desarrollan las distintas fases del proceso, desde el levantamiento hasta los procesos de simplificación geométrica necesarios para poder implementar cualquier tipo de análisis estructural de forma automática, poniendo el énfasis en las facilidades operativas que posibilita esta técnica.

*Fotogrametría; Estructuras de fábrica; Arcos; Ortofoto; Fotoelasticidad.*

### 1. INTRODUCTION

The behavior of masonry structures, especially those belonging to historic buildings, is elusive. The security of

these structures can be guaranteed in terms of global stability (commonly used methods to calculate it are, for instance, traditional drawing methods and linear programming [1][2]). However, local behavior problems, which can lead to severe pathologies, are difficult to predict. In this type of structures,

the resistance of the material is not as important as the internal geometric organization of the material: masonry walls are heterogeneous, anisotropic and discontinuous, and this greatly hinders its analysis.

Knowing with precision the distributions of the bricks, the geometry of its joints or even its thickness, allows to have a more precise evaluation of the local behavior. This is, in fact really difficult in historical structures, in which the data acquisition must be as harmless as possible [3]. Current topographic techniques can help to solve this problem.

## 2. PRACTICAL EXAMPLE: SAN MILLÁN DE SEGOVIA

To verify the applicability of these survey techniques in the analysis of masonry structures, a detailed study of an historical building was carried out.

San Millán de Segovia church (Fig. 1) was selected for the study. This magnificent building is elevated in the old 'Arrabal Mayor' of the city of Segovia, built out of the walls of the medieval city and near the river Clamores [4]. The constructive origins of this church have not been dated with accuracy but could be placed at the beginning of the 12th Century.

The church has undergone various changes from its earlier construction to the present time [5][6]. Clearly built in Romanesque style, San Millán has three naves, with the main nave bigger than the side aisles. A presbitery and a semicircular apse are located at the end of each nave. Also, a singular vault of crossed arches is raised on its transept [7]. Finally, the church has two covered access atriums on its north and south façades, as well as a tower and a sacristy [8].

San Millán is one of the biggest churches in Segovia, and thus we limited the photogrammetric study to the structure of the south façade and its entrance atrium. This area was selected due to its good access and also for not being surrounded by buildings or urban elements that hinder its complete vision and obstruct the photographs.

We can realize that the south atrium we can see today was restored during the 50s [9][10], when its arches were freed of the walls that blinded them and the several constructions were attached to the church walls were demolished. This work contributed to recover the Romanesque aspect of the church.

### 2.1. DATA COLLECTION

For preparing the photogrammetric study itself, general and particular photographs of the element and a software to process them are needed. In this case, we used a reflex camera (Nikon D3000) with an extendable tripod to better stabilize the image. Agisoft PhotoScan Professional v.1.2.6. [11] was the software used for photographic processing and to perform the photogrammetric investigation.

To obtain an optimal study, the analyzed photographs had to be taken in hours and climatology that favors the lowest appearance of shadows in the studied area. In addition, we took all the photographs with the same focal distance, mode and zoom for better processing in the software.

It is always necessary to take several photographs, including general areas, details and problematic areas as columns, windows and roofs.

It is also important to surround the maximum area of the building and keep the same distance all the time, trying to have an overlap of 2/3 of the image taken with respect the previous one. Taking all this into account, our study will start from 81 pictures.

In addition, it is necessary to carry out a complementary analysis of the area studied that supports the previous mechanical process.

For this purpose, sketches and measures of the façade were made, as well as a historical study of the church and its surrounding for a better understanding of the building and its characteristics.



Figure 1. South façade and atrium of San Millán de Segovia.

## 2.2. PHOTOGRAMMETRIC SOFTWARE

The processing using the Agisoft PhotoScan Professional software is divided into 8 stages, starting with the insertion of the photographs (at maximum quality) and finishing with the export of the orthomosaic generated.

During the process we rely on the sketches and measurements taken to include points referenced in the mesh that allow PhotoScan to create the image at scale and real size. The final elaboration of the orthomosaic of the south façade took about 14 hours of photogrammetric processing.



Figure 2. Orthophoto obtained with Agisoft PhotoScan Professional software and exported to JPEG.

The orthomosaic obtained as a photogrammetric result (that can be exported in different formats, including JPEG or TIFF) is a high-resolution georeferenced orthophoto with density and detail at a scale of 1: 1.

The cloud and mesh obtained in the program allow us to visualize the studied element in three dimensions and move

through its interface to analyze details or specific areas (Fig. 3).

By means of this technique, the rest of the façades and even the building interiors can be raised, which would allow to have a 3D model of the building



Figure 3. Software interface image obtained by Agisoft PhotoScan Professional. South façade.

## 2.3. PLANS ELABORATION

Once the orthophoto is obtained, the detailed plan of the masonry under study can be elaborated by means of any graphic treatment software. The case that concerns us was performed with AutoCAD v.2014.

Due to the traditional process used here, it was necessary to

add the orthophoto as a base in AutoCAD 2014 [12], scaling it and using it as a basis for the new drawing (Fig. 4).

Some programs, as Rhinoceros or Revit, could export the mesh generated by PhotoScan in 3D format as a cloud of points that are used as support, since the cloud already has scale and correct measurements. This second version would be also ideal if we needed to draw elements in three dimensions.

This is possible with the current programs of vectorization on a photographic basis, and most importantly, the passage from photography to drawing is almost automatic. These techniques therefore allow a rapid redrawing of the georeferenced high resolution orthophoto. What is more, the orthophoto exported works as a kind of template that allows to draw above all the elements needed to make up the plan including the

determination of the layout of the external parts of the bonds. In this way it is possible to obtain, in a few steps, a very precise lifting of the external appearance of the bricks, knowing even the thickness of joints (only in certain types of masonry, of course) and an estimation of its distribution, although the real internal geometry remains the scope of these methods.

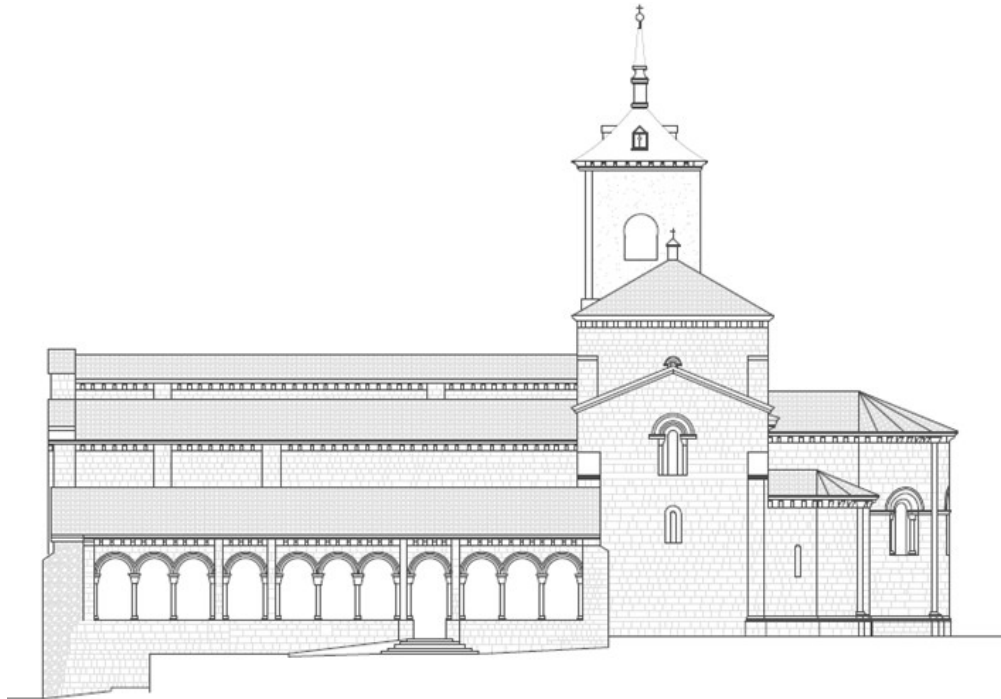


Figure 4. South elevation made with AutoCad 2016 based on PhotoScan mesh exported

#### 2.4. WORKING WITH THE MODELS OBTAINED. ADJUSTED SIMPLIFICATIONS

Once the geometry of the masonry has been precisely determined (by the quasi-automatic method described above or by traditional procedures) it will be possible to analyze the safety of the structure.

However, at this stage a small problem may arise, as a consequence of the high precision of the obtained model: that the graphic result incorporates excessive information can make the implementation of certain methods of structural analysis complicated.

In general, these methods require a model adjusted to the standards of the computer, graphic or test procedure to be applied, so that the geometry obtained through the procedures described in 2.2. and 2.3 may need a cleaning process in order to adjust to the requirements of each method.

This operation, basically a simplification of the detailed model, can also be automated with the same vectorization programs described in 2.3.

For instance, Meshlab v.2016 [13], offers various alternatives for simplification, refining, smoothing and surface remapping. It would be sufficient only to modify the precision parameters of the lines that make up the masonry, its verticality or the expected joint thickness.

However, this step is complicated, and attention must be taken: the simplified model obtained with AutoCaD must be adjusted as accurately as possible to the original, in order to ensure high accuracy of the local analysis is high. It is important to point out that local problems in masonry structures usually have their origin in stress concentrations [14].

The orthophoto detects these special points but the simplifications can obviate them. In conclusion, it is important to accurately adjust the simplified model, within the limitations of the method used in the analysis, to the original case.

For the study described here, the structural analysis was carried out using different methods: photoelastic tests, analysis by drawing methods and by discrete elements [15][16][17]. In all of them it was necessary to simplify the masonry bond obtained in order to analyze, group and fuse the masonry areas into other equivalent ones, without modifying the arrangement of the horizontal and vertical joints.

Photo-elastic models of the blocks were made as a complement to a final master's project [18].

An atrium model in resin was designed and cut, adjusting the measurements of the confiter that contains them (40x30 cm).

The layout of the cut incorporated many of the irregularities of the masonry, but it was adjusted to the minimum possible piece size for the subsequent laser cutting.

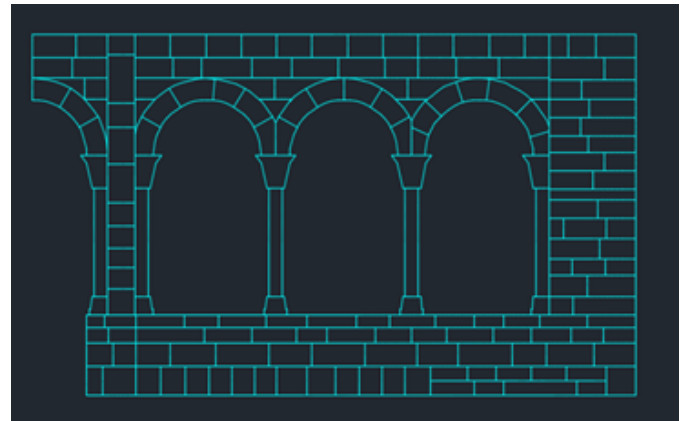
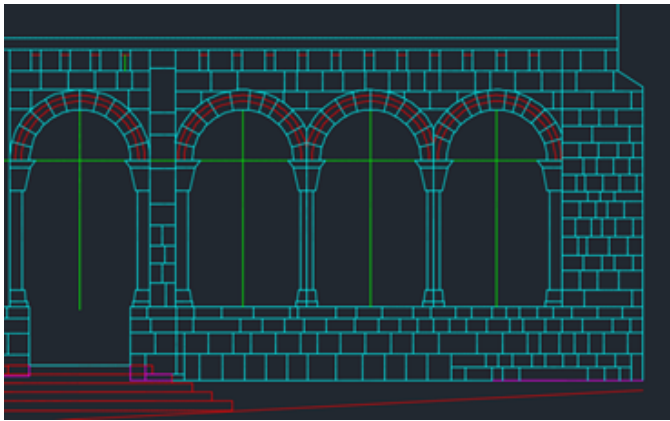


Figure 5 (a). Original atrium drawing. Figure 5 (b). Simplified atrium model done with AutoCad and used in DEM.

Figures 5(a) and 5(b) show the difference between the real atrium obtained with PhotoScan and the simplified atrium made with AutoCad.

The same model was used for the analysis by means of discrete elements, since the simplification made for the photoelastic model (in the given scale) also complied with the limitations of the DEM methodology used (Fig. 6(a) 6(b)) [19].

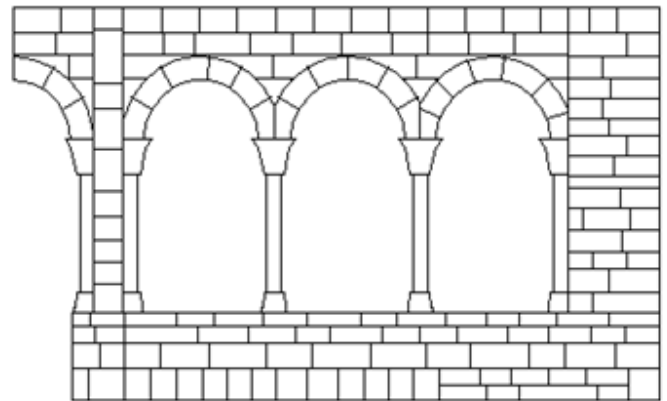
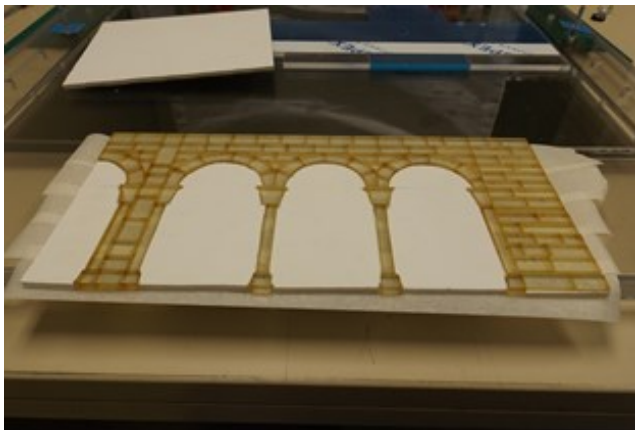


Figure 6 (a). Atrium resin model. Figure 6 (b). Simplified atrium model used in DEM.

The analysis using finite elements method required a specific model of much more complexity, given that the analysis software (AutoFEM Analysis 2.9) is designed to study continuous media.

It started, in this case, of the simplification developed for the DEM model. The necessary corrections to make the FEM model conform to the requirements of the program were made, in this case, manually (Fig. 7).

Its application to discontinuous media requires the design of a constituent element that can incorporate correct contour conditions allowing the implementation of randomness in the supports coherent with reality.

This would not have been necessary if we wanted to study the section as a continuum, but this type of approach is meaningless for the analysis of this type of historical structure [20].

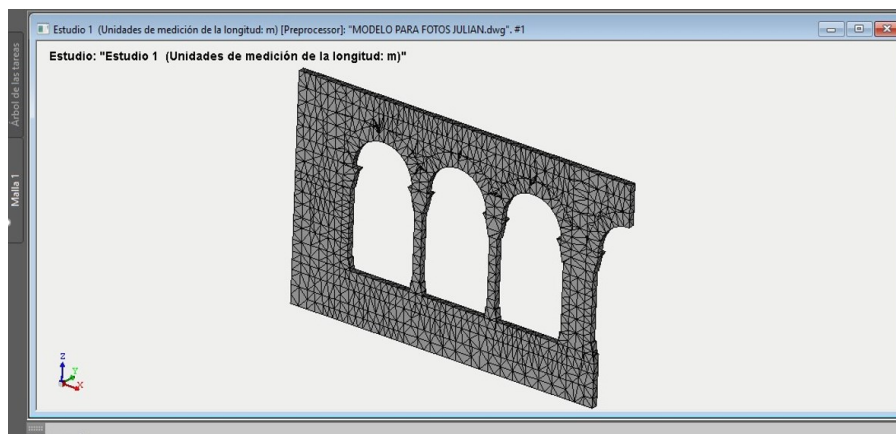


Figure 7 FEM model used in AutoFEM Analysis 2.9 software.

### 3. CONCLUSIONS

The use of photogrammetry allows to determine the exact geometry and position of the masonry elements that makes up a historic wall when they are seen outdoors. To obtain a detailed orthophoto of an element at a scale of 1: 1, we only need to have a photographic device with an average quality (although even the tests carried out with mobile phone cameras have given quite good results), a small sketch and some points measured as reference.

This system permits a quick initial uptake of a historic wall with a very low cost, which can be very useful in the early stages of an intervention or survey.

The quick processing of the geometric data is feasible when we need to adapt them to the requirements of the different stability analysis methods. However, it must be done with full control of the simplifications inherent to the adaptation process.

The combination of these detection systems with the analysis methods can be of great interest in cases in which we need a quick survey, such as accidents, emergency situations or natural catastrophes.

In addition, the real plans obtained with the photogrammetry of San Millán de Segovia were used to create the adapted models showed in the figure 5. They were included in a Master's Final Project [18] in order to apply them in Photoelasticity tests. This practical method permits a very visual and didactical approach to masonry structural behavior.

### 4. REFERENCES

[1] Wittmann, W. "Zur Theorie Der Gewölbe". Zeitschrift Für Bauwesen (29), pp. 61-74, 1879.

[2] Block, P., Ciblac T, Ochsendorf JA. "Real-time limit analysis of vaulted masonry buildings. Comput Struct 84, pp. 1841-1852

[3] Mark, R. "Experiments in Gothic structure". MIT Press (1984)

[4] Montañés, J.M.R., "Enciclopedia del Románico de Castilla y León," Segovia, Vol. III, , Ed. Fundación Santa María la Real, Centro de estudios del románico, 2002, pp. 1456-1480.

[5] Torres Balbás, L. "Restos de una techumbre de carpintería musulmana en la iglesia de San Millán de Segovia". Al-Ándalus, v. III; pp. 424-434. ISSN 0304-4335

[6] Nuere, E. "Una hipótesis sobre la techumbre de San Millán de Segovia". Estudios Segovianos nº 89. 1992

[7] Fuentes González, P. (2013). "Bóvedas de arcos entrecruzados entre los siglos X y XVI. Geometría, construcción y estabilidad". Tesis (Doctoral), UPM.

[8] Merino de Cáceres, J.M, "La torre de la iglesia de San Millán de Segovia y su construcción," IEEE Actas del cuarto congreso nacional historia de la construcción, , pp. 27-29, 2005.

[9] Dodero, F.J.C., "Conservación de los monumentos de Segovia (1938-1952)", Revista Arte Español, Spain.

[10] Gil, A.G. "Notas sobre la arquitectura restaurada de San Millán", Spain, 1977.

[11] Geobit. PhotoScan software, 2006.  
Available: <http://www.agisoft.es/products/agisoft-photoscan/>

[12] AutoCad v. 2014. Autodesk.  
Available: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>

[13] Visual computing laboratory. Meshlab software.  
Available: <http://www.meshlab.net/>

[14] Bigoni, G.N.D. "Localized stress percolation through dry masonry walls". European Journals of Mechanics, 2009.

[15] Huerta Fernández, Santiago. "Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach." (2001): 47-69.

[16] Riveiro, B., Morer, P., Arias, P., y de Arteaga, I. 2011."Terrestrial Laser Scanning y Limit Analysis of Masonry Arch Bridges". Construction and Building Materials 25 (4): 1726-1735.

[17] Rajchenbach, J. "Stress Transmission trough a cohesionless material". Mater. Phys. Mech. 3 (2001).

[18] Guerra, M.. "Iglesia de San Millán de Segovia. Historia constructiva y ensayos fotoelásticos". Master's final project, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Spain, 2017.

[19] Magdalena, García, J., Mencías, D. "Estructuras de fábrica: enfoques antiguos y modernos para fenómenos muy locales", Informes de la construcción, vol. 68, , pp. 1-8, Spain, april-june 2016.  
Available: <https://doi.org/10.3989/ic.16.032>

[20] Magdalena, F., Aznar, A., Hernando, J.I. y García, J. "Linear programming as a tool to study the stability of masonry arch bridges", IABSE Madrid Symposium: Engineering for Progress, Nature and People, pp. 396-400, Spain, 2014.  
Available: <https://doi.org/10.2749/222137814814027927>

---

### 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.



# Assessment methods for determination of the technical causes in accidents specially complex

## Métodos de evaluación para determinación de las causas técnicas en siniestros de especial complejidad

**CARLOS LOZANO MARTÍNEZ**

Ingeniero Técnico de Obras Públicas e Ingeniero Civil  
Email: carlos.lozano.martinez@outlook.es

**JAVIER YUSTE NAVARRO**

Ingeniero de Caminos, Canales, y Puertos  
Email: jyustenavarro@gmail.com

- ◊ The expert reports in complex accidents must to have scientific rigor.
- ◊ It is fundamental to recover the pieces fractured and their traceability during all the process.
- ◊ Combination of experimental and analytical methods demonstrates effectively the failure causes.
- ◊ The redaction of the expert report must to be with a simple language despite of technical complexity.

The main scope of this article is to expose an effective methodology for the investigation in complex accidents that they have happened by structural complex failures, in temporary work equipment that has been used during the building on different construction sites. This methodology is based on real cases, and due to its application and development it has allowed the determination of the technical causes that has induced the mechanism for structural collapsed with the scientific severity that it is necessary in a performance of these characteristics. Accurately by the complexity that it motivates the determination of the technical causes in singular structural failures, as well as the judicial process derived from a serious accident. It is very important that it takes into account the methodology and aspects that it has to comply for what the expert report adapts to the scope and expected expectations, basically so that expert report has the scientific rigor that it allows to demonstrate by unquestioned form the technical causes that has induced the failure. Some main aspects it must to take into account during all the process and for the making of expert report, like; visiting the accident area getting the broken pieces and rest of pieces belonging temporary work equipment or installation; permanent identification and traceability during the manipulation and tests carried out on the recovered pieces, independently of the nature, destructive or not; application of the analytical and experimental assessment methods for understanding the safety conditions of the damaged equipment, previously and in the moment of the accident, finally, an expert report writing in a simple language that allows to the different agents (judge, prosecutor, lawyer, accused) involved on the judicial process, to understand clearly how the mechanism of failure has occurred despite that they have not a technical knowledge about the topic.

*Accident; Investigation; Assessment; Calculus; Test; Dictum*

- ◊ Los estudios técnicos periciales en siniestros complejos deben tener rigurosidad científica.
- ◊ Fundamental la recuperación de las piezas fracturadas y su trazabilidad durante todo el proceso.
- ◊ La combinación de métodos experimentales y analíticos demuestran eficazmente las causas del fallo.
- ◊ Informe técnico pericial redactado en lenguaje llano y sencillo a pesar de la complejidad técnica.

En el presente artículo, se describe la metodología empleada, para la determinación con rigurosidad científica e inequívoca, de las causas técnicas que han motivado una serie de siniestros, derivados de fallos estructurales, en equipamientos y estructuras de naturaleza metálica. Para ello, y tomando de referencia dos ejemplos reales de investigaciones técnicas periciales, se especifica la metodología de investigación en siniestros de estas características, desde el instante del accidente, así como la importancia de combinar métodos analíticos y experimentales, para la convergencia en las causas técnicas que han motivado el fallo. Precisamente, por la complejidad que incorpora la determinación de las causas en fallos estructurales singulares, así como el proceso judicial derivado de un siniestro grave, es importantísimo tener en cuenta la metodología y aspectos que se deben cumplir, para que el estudio técnico pericial y dictamen final, se ajusten al objeto y expectativas previstas, fundamentalmente para que éste, disponga del rigor científico que permite demostrar de forma incontestable, cuáles fueron las causas técnicas que indujeron los mecanismos de fallo. Asimismo, el artículo desarrolla otros aspectos claves para que una investigación pericial, se lleve a cabo con la eficacia y éxito que requiere, tales como; profundidad en la investigación; recuperación y trazabilidad de las piezas fracturadas; estudio del estado del arte, con las metodologías, experiencias, y referencias a nivel internacional, europeo, y/o nacional, amplitud en el conocimiento exhaustivo y detallado sobre los requisitos reglamentarios y normativos de carácter técnico, que son de aplicación sobre el sistema/equipamiento/instalación siniestrada y por último la utilización en el informe y dictamen pericial de un lenguaje llano y sencillo, a pesar de tratarse de un siniestro derivado de causas de índole técnica.

*Accidente; Investigación; Evaluación; Cálculo; Ensayo; Dictamen*

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo expone y desarrolla la importancia de aplicar una metodología eficaz y adecuada, para determinar científica e inequívocamente, las causas técnicas que han originado siniestros complejos, derivados de colapsos o fallos estructurales en determinados sistemas de protección, instalaciones, o equipos temporales de trabajo.

La actuación de peritos, con los conocimientos adecuados para determinar las causas técnicas que han motivado un siniestro, está regulado reglamentariamente a través de la Ley de Enjuiciamiento Civil, fundamentalmente en lo establecido de los artículos 335 a 352, [1]. Por lo que en el presente, se relata y describe de forma resumida, la metodología y técnicas aplicadas en la investigación y estudios periciales, asociados a siniestros complejos, desarrollándose de acuerdo con dos ejemplos reales, que desgraciadamente tuvieron consecuencias fatales.

Dada precisamente, la complejidad que incorporan los siniestros asociados a colapsos en estructuras temporales, es especialmente importante que los peritos actuantes, que tratan de esclarecer las causas técnicas, sean muy estrictos y exhaustivos en su investigación, sin descartar en ningún momento ninguna hipótesis, e intentando aplicar diferentes metodologías para la determinación de/los mecanismo/s que indujeron al fallo/s, y por tanto el colapso del sistema/equipo/instalación en su conjunto.

Otro aspecto fundamental para que el estudio y dictamen pericial dispongan de la calidad y eficacia deseadas, y por tanto adquiera la importancia y peso específico necesarios durante el proceso judicial, es el empleo de un lenguaje llano y sencillo, facilitando la comprensión de las causas técnicas que han originado el fallo, a los diferentes agentes que participan en dicho proceso judicial (jueces, fiscalía, letrados),

y que lógicamente no disponen de los conocimientos técnicos en la materia [2].

La experiencia, seriedad, profesionalidad, imparcialidad, y profundidad en la investigación, serán las claves para poder determinar y demostrar científica y técnicamente, cuáles han sido las causas que han provocado el fallo o colapso estructural.

La singularidad, complejidad y características especiales que rodean a los siniestros "a priori" impredecibles, derivados de fallos estructurales con roturas/fracturas de naturaleza frágil, hace que resulte especialmente importante personarse con la mayor urgencia posible en el lugar de los hechos, recopilando toda la información que sea posible y prestando especial atención a la recuperación, custodia y trazabilidad durante todo el proceso de aquellas piezas pertenecientes al sistema, equipamiento o instalación, que han sufrido fracturas y/o deformaciones importantes.

Ya que de esta forma podremos realizar las inspecciones, ensayos, y evaluaciones pertinentes sobre las propias piezas del equipamiento o instalación que ha sufrido el colapso, para determinar de forma fehaciente las características y propiedades químicas, físicas, y mecánicas, que a su vez nos de la información necesaria para conocer las condiciones reales de seguridad estructural en la que se encontraba el sistema/equipo/instalación siniestrado, debido estrictamente a la naturaleza de los materiales.

Los casos reales tomados como ejemplo para el desarrollo del presente artículo, se tratan de siniestros por colapso estructural en dos tipos de estructuras metálicas, habitualmente empleadas en las obras de construcción y de suministro de líneas eléctricas, por lo que, cuyo comportamiento estructural ha sido más que evaluado y por tanto es sobradamente conocido.



Figura 1: Estado final apoyo celosía tipo siniestrado durante ejecución línea de alta tensión.

Los ejemplos a estudiar son:

1. Colapso de un apoyo metálico en celosía durante la ejecución de línea eléctrica de alta tensión (Fig. 1).



Figura 2: Estado final encofrado vertical trepante siniestrado durante ejecución estructura vertical de hormigón armado.

### 1.1 DESCRIPCIÓN SINIESTRO EN CADA CASO

1. Colapso de apoyo metálico en celosía durante la ejecución de línea eléctrica de alta tensión.

Se produjo durante las operaciones de paso y colocación definitiva de la línea de conductores, en los seis nudos emplazados en los extremos de las crucetas del apoyo metálico en celosía tipo. Durante la operación de engrapado de los conductores, concretamente en uno de los nudos situado en cruceta intermedia y en el sentido de la serie del cantón de la numeración descendente de apoyos. En el instante de destensado del conductor para descenderlo al suelo y realizar el engrapado (tensión definitiva) a nivel del terreno, se produjo el desplome de la parte superior de la estructura, realizando un giro anti horario y un plegado vertical, hasta impactar contra el terreno.

2. Colapso de equipo temporal de trabajo (encofrado vertical trepante) por fractura de elemento de fijación durante la ejecución de paramento vertical de hormigón armado.

Sucedió en uno de los módulos extremos de un sistema de encofrado vertical trepante, durante la ejecución de una estructura vertical de hormigón armado. En el instante de atado y preparación de las armaduras en zona de coronación, como paso preliminar para el siguiente hormigonado y por tanto con los paneles verticales en posición de desencofrado. Se produjo entonces el volteo vertical de todo el conjunto por fractura de uno de los elementos de fijación, desplomándose posteriormente todo el conjunto al vacío, por la insuficiente resistencia del otro punto de anclaje para sustentar todo el conjunto.

2. Colapso de equipo temporal de trabajo (encofrado vertical trepante) por fractura de elemento de fijación durante la ejecución de paramento vertical de hormigón armado.

Por tanto, de los dos ejemplos que nos ocupan, la cuestión principal a plantearse, atendiendo a la inspección y datos iniciales recabados del lugar del siniestro es:

1. Colapso apoyo celosía. ¿Por qué se produce el desplome por esfuerzos de flexión y torsión de la zona superior del apoyo de celosía?
2. Colapso equipo temporal de trabajo. ¿Por qué se produce la rotura por esfuerzo cortante de uno de los elementos de fijación (tornillo alta resistencia), de los dos que dispone el sistema para sustentar un módulo de este sistema de encofrado vertical?

## 2. METODOLOGÍA

El rigor en la metodología empleada y la profundidad en la investigación son claves para que el estudio y dictamen pericial tenga la eficacia deseada, y por consiguiente, se pueda fundamentar y demostrar sin fisuras cuáles han sido las causas técnicas que han desencadenado el fallo estructural.

Para ello, y teniendo en cuenta la experiencia adquirida en la investigación pericial de siniestros especialmente complejos, es importante y recomendable que se prevea y aplique una metodología que tenga en cuenta los siguientes aspectos [3]:

- ◆ Visita al lugar del siniestro con la mayor urgencia, realizando una inspección visual y reportaje fotográfico en todo el área de influencia del accidente, con especial relevancia y detalle en el sistema/equipo/instalación que ha sufrido el colapso.
- ◆ Recuperación de los materiales/elementos/componentes/piezas pertenecientes al sistema/equipo/instalación que han sufrido fracturas, roturas, o un nivel de deformaciones

importantes, documentando permanentemente la trazabilidad de dichas piezas.

- ◆ Estudio del marco reglamentario (disposiciones de obligado cumplimiento) y normativo (especificaciones técnicas, normas UNE EN ISO) que es de aplicación al sistema/equipo/instalación que ha sufrido el siniestro [4-33].
- ◆ Planteamiento y propuesta del programa de actuación en el marco de la investigación pericial:
  - a. Trabajos adicionales de campo en el lugar del accidente.
  - b. Solicitud y evaluación exhaustiva de la documentación relevante que obra en el expediente.
  - c. Planificación preliminar de los posibles estudios

experimentales (ensayos de laboratorio) y métodos analíticos (cálculo), que pueden ser de aplicación de acuerdo con la tipología de fallo y las características del equipo siniestrado.

- ◆ Análisis y comprensión del comportamiento estructural global del sistema/equipo/instalación.
- ◆ Reconstrucción del estado primitivo (condición de servicio) del sistema/equipo/instalación, para la función para la cual ha sido diseñado y fabricado (Fig. 3 y Fig. 4).
- ◆ Evaluación detallada de los datos de campo, evaluación de la documentación del expediente, resultados de los estudios analíticos y experimentales.
- ◆ Elaboración Informe Técnico Pericial.
- ◆ Determinación causas técnicas → Dictamen Pericial

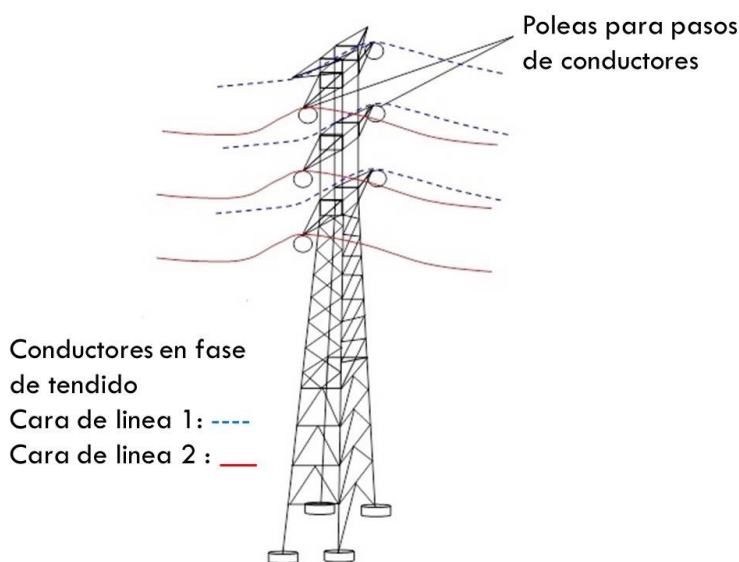


Figura 3: Esquema general paso de conductores en apoyo celosía línea alta tensión.

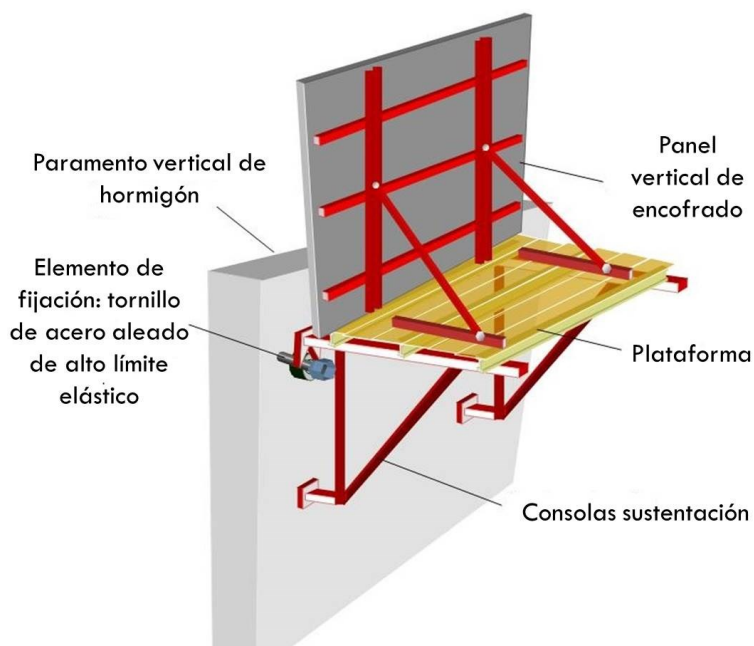


Figura 4: Esquema general básico sistema de encofrado vertical trepante.

## 2.1 DESCRIPCIÓN ESTADO INMEDIATAMENTE ANTERIOR AL COLAPSO

### 2.1.1 APOYO METÁLICO EN CELOSÍA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LÍNEA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

El estado del comportamiento estructural del apoyo metálico en celosía justo antes del momento del colapso, era el siguiente:

- ♦ Ausencia de cuatro diagonales de rigidización en las caras de línea, dos en una cara y las otras dos en la cara simétrica, justo en la zona de la parte denominada “cabeza” del apoyo, en el tramo inmediatamente posterior

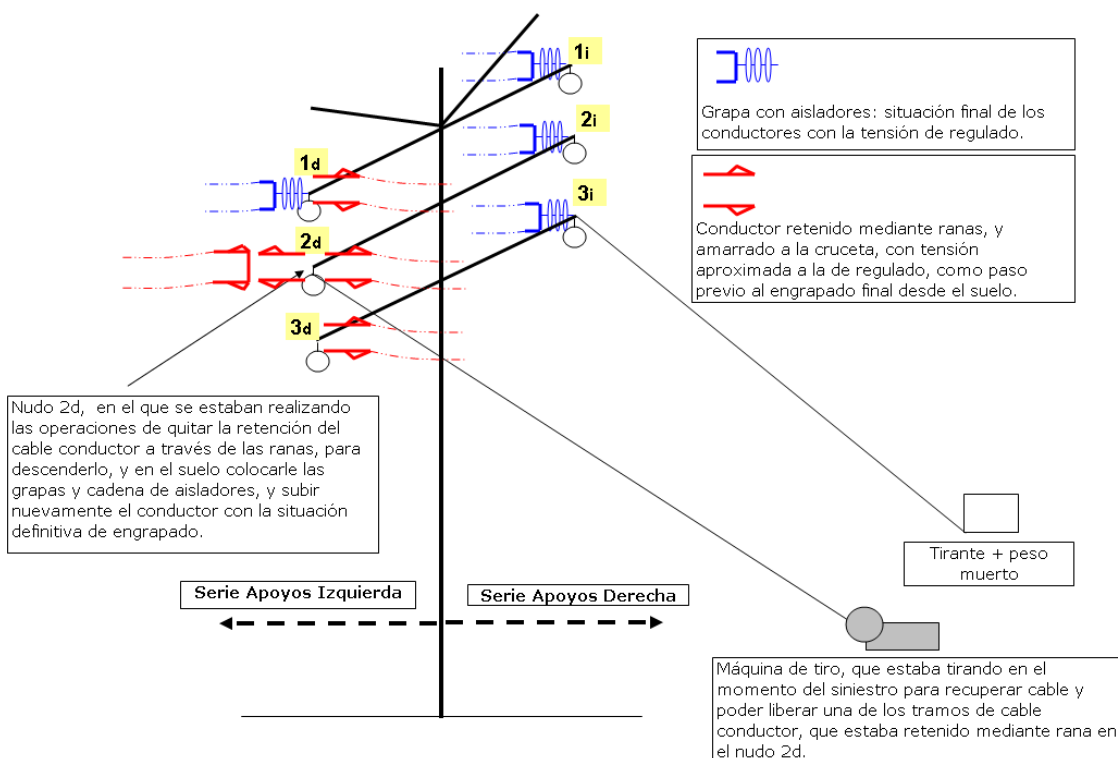


Figura 5: Situación apoyo metálico celosía instante anterior al colapso.

### 2.1.2 EQUIPO TEMPORAL DE TRABAJO (SISTEMA DE ENCOFRADO TREPANTE) PARA EJECUCIÓN PARAMENTO VERTICAL DE HORMIGÓN ARMADO

El estado del comportamiento estructural del módulo del sistema de encofrado trepante vertical justo antes de sufrir el colapso, era el siguiente:

Módulo estaba apoyado y sustentado en dos elementos de fijación (tornillos de acero aleado de alto límite elástico) introducidos en la masa de hormigón de forma sensiblemente ortogonal al paramento vertical, y a través de unos conos metálicos que previamente han sido embebidos en la masa de hormigón en estado fresco.

Uno de los tornillos se encontraba en una situación crítica, debido por un lado a una deficiencia geométrica, al no estar perfectamente enrasado con el paramento vertical (Fig. 6), por lo que se están induciendo esfuerzos de flexión.

Y por otro lado, sufría una fragilización por elevado

a la zona anterior denominada “fuste” y que tiene forma tronco piramidal.

- ♦ De las tres cruces que disponía el apoyo tipo en celosía para el paso de las correspondientes líneas de conductores, tanto en el avance desde el lado izquierdo como desde el lado derecho, la situación era que, de los seis nudos (dos por cruzeta) para paso de línea de conductores, sólo estaba completamente compensado uno de ellos, presentándose una situación de descompensación de esfuerzos de magnitud 5T, que estaba sometiendo a la estructura a unos esfuerzos importantísimos de torsión en sentido anti-horario (Fig. 5).

contenido de hidrógeno en su microestructura, lo que provocaba un inicio de frente de fisura que avanzaba desde la superficie (valle de los filetes roscados del tornillo en su zona cercana de salida del paramento de hormigón) hacia el núcleo, que a su vez reducía considerablemente su capacidad mecánica y además conferirle un comportamiento frágil.



Figura 6: Estado zona del anclaje fracturado.

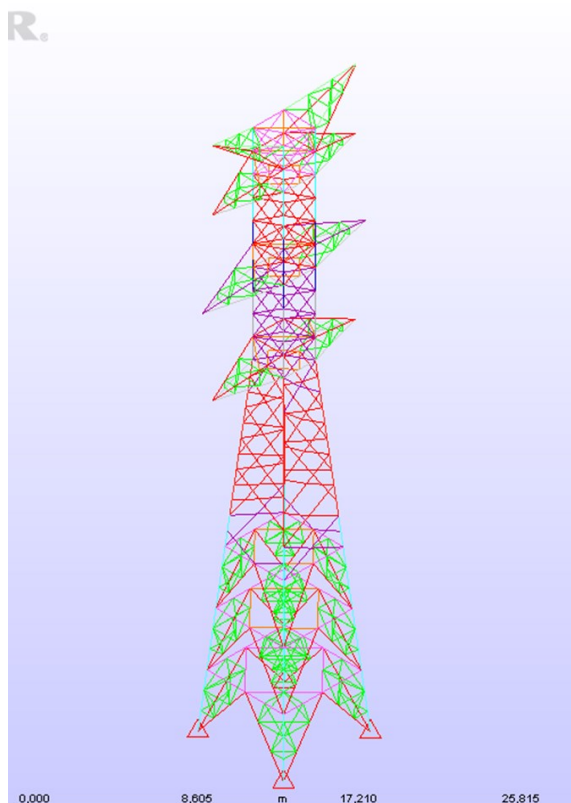
### 3. RESULTADOS Y DICTAMEN PERICIAL

En ambas investigaciones periciales, tanto el colapso del apoyo metálico en celosía, como la fractura del elemento de fijación del sistema de encofrado vertical trepante, fueron absolutamente concluyentes sobre las causas técnicas que habían provocado el fallo de ambas estructuras.

#### 3.1 RESULTADOS COLAPSO APOYO METÁLICO EN CELOSÍA LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN

De los datos de campo en el lugar del siniestro:

- ♦ Forma de colapso del apoyo en celosía, que por su posición final de desplome y las deformaciones existentes en los diferentes perfiles de acero, evidenciaba que había sufrido un giro anti-horario y se habían alcanzado unas tensiones superiores a la tensión de rotura del acero en determinadas barras de la estructura (Fig. 1).



Experimentalmente, mediante ensayos realizados en laboratorio competente sobre los diferentes perfiles recuperados del apoyo siniestrado, se verificó que no existía anomalía alguna en la calidad de acero, según las propiedades físico-mecánicas teóricas para dicha clase resistente, a partir de los valores obtenidos en los ensayos físicos, químicos y mecánicos.

Analíticamente, con el desarrollo de modelos de cálculo por el método de los elementos finitos, se verificaron las condiciones de seguridad de la estructura para diferentes estados de carga, tanto las de diseño de proyecto (Fig. 7a), como el posterior estado en desequilibrio (Fig. 7b). Resulta concluyente el hecho de que para la situación inmediatamente anterior al colapso, con una descompensación de esfuerzos de magnitud 5T, se incorporan y se concentran, justo en la zona de la estructura en la que hay ausencia de los cuatro perfiles de rigidización, unas tensiones de magnitud superior al límite de rotura para esa clase de acero, lo que provocó el fallo global de la estructura por los esfuerzos

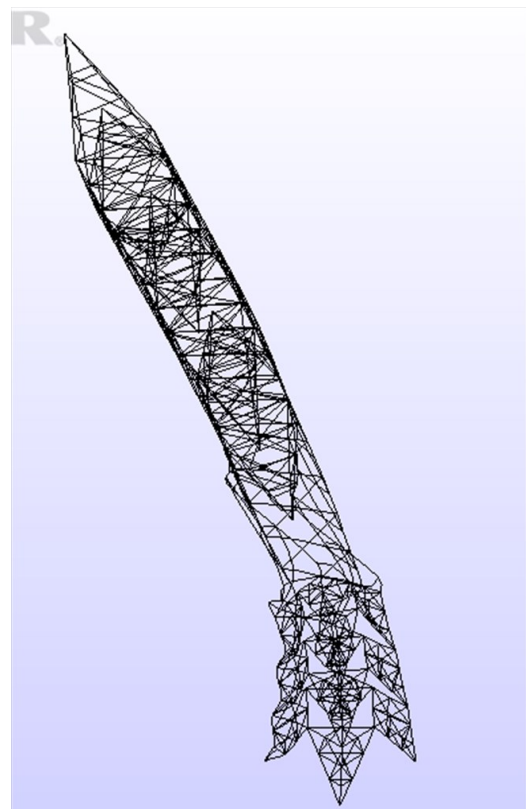


Figura 7: Modelos de cálculo por elementos finitos del apoyo en celosía (izquierda 7a, derecha 7b).

#### 3.2 RESULTADOS FRACTURA ELEMENTO DE FIJACIÓN (TORNILLO DE ACERO ALEADO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO) DEL ENCOFRADO VERTICAL TREPANTE

De los diferentes ensayos de caracterización realizados por laboratorio competente sobre la parte del tornillo que sufrió la fractura, y que fue posteriormente recuperado por la policía judicial, se obtuvo una información fundamental para la justificación de las causas técnicas que provocaron la fractura de dicho elemento de fijación.

El tornillo de acero aleado de calidad 8.8, y por tanto de

elevado límite elástico, sufría una fragilización, debido al fenómeno de absorción de hidrógeno en la microestructura del acero [18-22]. Este fenómeno se origina cuando el hidrógeno atómico penetra en el acero, lo que causa la pérdida de ductilidad, una reducción importante en su capacidad de soportar cargas y su fisuración. En definitiva, puede provocar un colapso por rotura frágil, al aplicar esfuerzos muy por debajo del límite elástico, o incluso de su resistencia normal de diseño para la aleación. Esta fragilización por absorción de hidrógeno quedó evidenciada de los resultados de los siguientes ensayos:

- ◆ Análisis de hidrógeno: obteniéndose en la corteza del tornillo una concentración de hidrógeno especialmente elevada, del orden de cinco veces respecto de la concentración normal.
- ◆ Análisis de fractografía: se observaron fracturas frágiles transcristalinas con gran profusión de planos de clivaje, circundados por zonas dúctiles desgarrado.
- ◆ Ensayo de resiliencia mediante flexión por choque con péndulo Charpy: se obtuvo una resiliencia de una energía (J) cuatro veces menor que el valor mínimo establecido por la normativa [21]

El estudio por vía analítica fue especialmente complejo, dado que se realizó un estudio para determinar la capacidad mecánica del tornillo a partir de teoría de fractura y diagramas de fallo (FAD- Failure Analysis Diagram), teniendo en cuenta que éste sufría una fragilización por inducción de hidrógeno, y por tanto, no se podía aplicar el análisis convencional de estructuras bajo los estados límite.

Para ello se desarrolló un modelo detallado de cálculo por elementos finitos del tornillo/barra de acero que sufrió la fractura, introduciendo en dicho modelo el comportamiento mecánico real de los datos obtenidos de laboratorio, y por tanto con la condición de material frágil (Fig. 8).

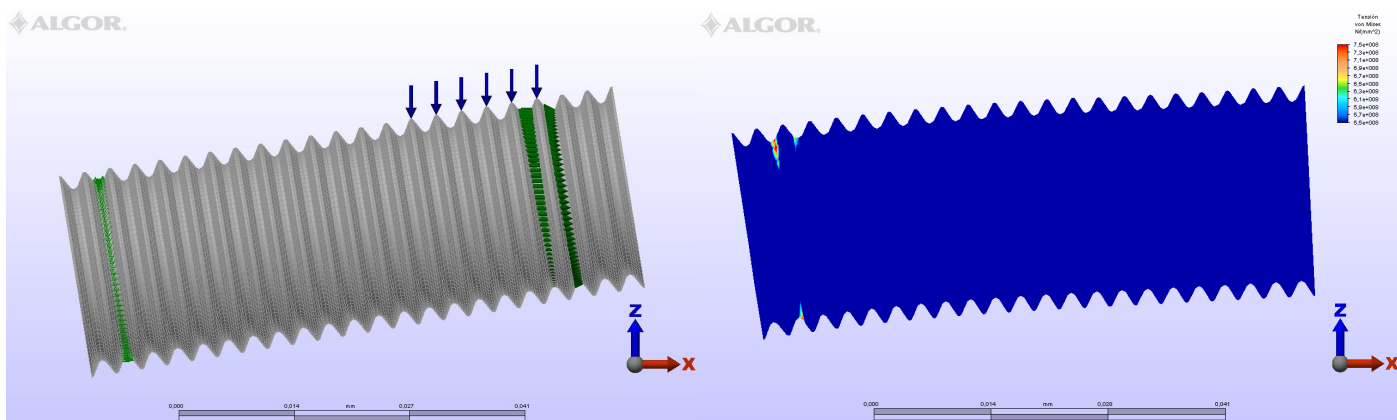


Figura 8: Modelización y análisis estado tensional tornillo fracturado, con propiedades del material en estado de fragilización.

El análisis en mecánica de fractura se realiza aplicando el procedimiento European Fitness Service for Network (FITNET FFS Procedure), que recoge un procedimiento de evaluación estructural frente a los cuatro principales modo de fallo; fractura-colapso plástico, fatiga, fluencia, o creep y corrosión, [18-20].

Este procedimiento a su vez se apoya en los diagrama de fallo (FAD), basados en numerosas estadísticas y simulaciones de Montecarlo, que finalmente han permitido establecer unos diagramas que interrelacionan la tenacidad a fractura (valor medio obtenido en el ensayo de resiliencia) y estado tensional, para los diferentes elementos de acero en función de su calidad (8.8) y sección resistente (diámetro) (Fig. 9).

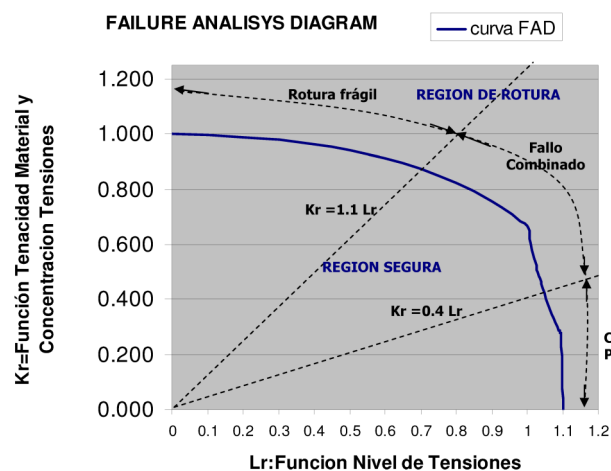


Figura 9: Diagrama FAD para elementos de acero aleado de alto límite elástico con fragilización.

### 3.3 CONCLUSIONES Y DICTAMEN PERICIAL EN EL COLAPSO DEL APOYO METÁLICO EN CELOSÍA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN

Una serie de evidencias confirman las causas expresadas para el fallo que nos ocupa:

- ◆ Queda descartada la posibilidad de fallos en los materiales, en sus propiedades y resistencias mecánicas, como se ha comprobado en las pruebas de laboratorio.
- ◆ Se han efectuado las operaciones de tendido, regulado y engrapado de fijación de los conductores con la estructura incompleta, con la falta de cuatro barras diagonales en dos caras de línea del fuste y sin atender los requisitos del procedimiento de montaje.
- ◆ El fallo se ha producido en el entorno del tramo incompleto de la zona del fuste del apoyo.
- ◆ El proceso de tendido y fijación definitiva de conductores en las seis fases del apoyo siniestrado no se ha realizado de forma compensada, permitiendo que las tres crucetas que integran la cabeza de la estructura metálica del apoyo, actuaran en sus extremos tensiones de conductores desequilibradas.

Por lo que el dictamen pericial sobre las causas técnicas que han motivado el colapso estructural del apoyo de celosía durante la ejecución de línea de suministro de alta tensión es:

*“El fallo y posterior colapso del apoyo metálico en celosía objeto del presente estudio pericial, se ha producido, por la superposición de dos situaciones concretas actuando eficaz y*

*simultáneamente*”

- ◆ El proceso de tendido y engrapado de conductores en el apoyo siniestrado, con la estructura incompleta faltando cuatro diagonales de rigidización (perfiles de acero en L) en las caras de línea (caras paralelas al trazado de los conductores), ha conducido al fallo, justo en la zona de la estructura en la que existía ausencia de dichas elementos de rigidización, resultando la zona más débil de la estructura, produciéndose así el colapso del apoyo.
- ◆ Como consecuencia del procedimiento y operaciones de tendido, regulado y engrapado de conductores realizados en el apoyo de celosía siniestrado, se ha producido una descompensación de fuerzas tal, que ha inducido unos esfuerzos de flexión y torsión de magnitudes muy superiores para la cual está diseñada la estructura metálica del apoyo tipo, alcanzándose tensiones superiores a la tensión límite de rotura del acero, teniendo lugar el consecuente colapso estructural.

#### 3.4 CONCLUSIONES Y DICTAMEN PERICIAL EN EL COLAPSO DEL EQUIPO TEMPORAL DE TRABAJO (ENCOFRADO VERTICAL TREPANTE) DURANTE LA EJECUCIÓN DE PARAMENTO VERTICAL DE HORMIGÓN ARMADO

De todos los datos obtenidos en el proceso de investigación, así como de los resultados de los métodos experimentales (ensayos de laboratorio) y evaluaciones analíticas (modelos de cálculo), con objeto de determinar la causas técnicas que han producido el desplome de un módulo de sistema de encofrado vertical trepante sustentado a través de dos anclajes, fijados al paramento vertical de hormigón armado, se puede concluir que:

*“El colapso estructural se produce por la superposición de dos causas actuando simultáneamente”:*

- ◆ El tornillo/barra de acero fracturada ha estado sometida a un estado tensional complejo debido a las desviaciones geométricas de todo el anclaje (cono embebido en hormigón + anillo posicionador + tornillo/barra) respecto de su posición normal de diseño, que ha motivado por un lado la aparición de fisuras en los valles de las primeras roscas adyacentes al plano de fractura, por posibles operaciones para conseguir el encaje geométrico, así como verse sometida a elevados esfuerzos de flexión para los cuáles no están diseñados estos elementos de fijación.
- ◆ La muy baja tenacidad a fractura que presenta la barra de acero fracturada como consecuencia de la fragilización por absorción de hidrógeno, como así se ha evidenciado de los resultados del valor de resiliencia de los ensayos de laboratorio. Destacando que esta baja tenacidad a fractura, es la que deja al material sin capacidad para poder absorber un posible frente de fisuración.

#### 4. CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar, es fundamental realizar un análisis en profundidad de todas las variables que han intervenido en el fallo estructural, ya que en un gran número

de ocasiones los colapsos asociados a estas estructuras, se producen por una concatenación de causas.

El éxito de una investigación pericial de estas características, radica en la profundidad de la misma, para lo cual se deben cumplir los siguientes ítems:

- ◆ Inspección exhaustiva del *sistema/equipo/instalación* siniestrado, con recuperación y especial atención a las piezas que han sufrido mayores daños.
- ◆ Estudio detallado de todo el marco normativo, tanto de carácter técnico como reglamentario, que es de aplicación en el *sistema/equipo/instalación* objeto del siniestro, así como de forma individual de los componentes que lo integran.
- ◆ Investigación del estado del arte, sobre la misma tipología de fallo estructural que pueda haber acontecido en otras partes del mundo, en sistemas, equipos, o instalaciones de características similares al accidentado.
- ◆ Apoyo técnico con laboratorios competentes en la materia, para diseñar un programa de ensayos, que permita conocer las propiedades y características reales de la naturaleza de los materiales, en aquellas piezas que han sido recuperadas del lugar del accidente que forman parte del equipo y tienen relevancia desde el punto de vista de la capacidad estructural del conjunto.
- ◆ Estudio y conocimiento en profundidad, del comportamiento estructural del *sistema/equipo/instalación* para su aplicación. Resultando especialmente relevante y necesario, la utilización de modelos de cálculo avanzado, que permitan el análisis en regímenes no lineales. Es fundamental la introducción en dichos modelos de las propiedades mecánicas reales de los materiales, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio.

Asimismo, es de suma importancia, que las conclusiones y dictamen pericial, como consecuencia del arduo y exhaustivo proceso de investigación, estén redactadas en un lenguaje sencillo y comprensible para alguien profano en la materia.

Ya que todo el trabajo realizado podría verse ensombrecido si no somos capaces de transmitir en lenguaje conciso y llano, las causas técnicas que han inducido el fallo estructural. Sin que, en ningún caso, se dejen abiertas posibilidades de interpretación, ni aspectos que no son objeto del estudio pericial de carácter técnico, como podrían ser los temas de responsabilidades y otros de naturaleza jurídica, más si cabe, teniendo en cuenta las importantes consecuencias legales y penales que derivan de los siniestros de consecuencias graves.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Ley 01 de 07 de Enero de 2000 de Enjuiciamiento Civil
- [2] Martínez, C., Pérez, R., Ruiz, R. “Peritación de la práctica preventiva en seguridad en el trabajo II”. Junio 2015.
- [3] UNE 197001:2011 “Criterios generales para la elaboración de informes y dictámenes periciales”.
- [4] Real Decreto 223/2008, mediante el que se aprueba el “Reglamento sobre

condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión”.

[5] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 01 Terminología.

[6] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 02 Normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento.

[7] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 03 Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas para líneas de alta tensión.

[8] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 04 Documentación y puesta en servicio de las líneas de alta tensión.

[9] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 05 Verificaciones e inspecciones.

[10] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 07 Líneas aéreas con conductores desnudos.

[11] Instrucción técnica complementaria para líneas de alta tensión\_ITC-LAT 09 Anteproyectos y Proyectos.

[12] UNE 204002:2002 “Trabajos en tensión. Instalación de conductores de líneas de distribución. Equipos de tendido y accesorios”.

[13] UNE 207017:2010 “Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución”.

[14] UNE-EN 60652:2004 “Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas”.

[15] Real Decreto 1627:1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (Directiva 92/57/CEE de 24 de Junio de 1992).

[16] Real Decreto 1215/1997 (modificado por el R.D 2177/2004) establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (Directiva 89/655/CEE de 30 de Noviembre de 1989).

[17] REAL DECRETO 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos. (Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001).

[18] FITNET FFS Procedure, Final Draft MK7, Prepared by European Fitness-for-Service Network-FITNET, 2006.

[19] SINTAP, “Structural Integrity Assessment Procedure for European Industry”, SINTAP BRITE-EURAM Project BRPR-CT95-0024, 1999.

[20] API 579, “Recommended Practice for Fitness for Service”, Draft Issue 4, American Petroleum Institute, 1996.

[21] UNE-EN ISO 898-1: 2000 “Características mecánicas de los elementos de fijación fabricados de aceros al carbono y de aceros aleados. Parte 1: Pernos, Tornillos y Bulones”.

[22] UNE-EN ISO 15330: 2000 “Elementos de Fijación. Ensayo de precarga para la detección de la fragilización por absorción de hidrógeno. Método de las placas paralelas”.

[23] UNE-EN 1991-1-1:2003 “Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-1. Acciones Generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios”.

[24] UNE-EN 1991-1-4:2007 “Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. PARTE 1-4: Acciones Generales. Acciones de viento”.

[25] UNE-EN 1993-1-1:2008 “Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte

1-1: Reglas generales y reglas para edificios”.

[26] UNE-EN 1995-1-1:2006 “Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación”.

[27] UNE-EN 12811-1:2005 “Equipamiento para trabajos temporales de obra”, parte 1: Andamios, “Requisitos de comportamiento y diseño general”.

[28] UNE-EN 12811-2:2005 “Equipamiento para trabajos temporales de obra”, parte 2: Información sobre los materiales.

[29] UNE-EN 12811-3:2003 “Equipamiento para trabajos temporales de obra”, parte 3: Ensayo de Carga.

[30] UNE-EN ISO 4014: 2001 “Pernos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B”.

[31] UNE-EN 10204: 2006. “Productos Metálicos. Tipos de documentos de inspección”.

[32] UNE-EN ISO 10168:2007. “Productos de acero. Documentos de inspección. Lista y descripción de la información”.

[33] UNE-EN ISO 3269:2000 “Elementos de fijación. Control de Recepción”.

---

## 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.



# The expert with the justice

## El perito con la justicia

### FRANCISCO GIL CARRILLO

Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid Street Federico Carlos Sainz de Robles nº 11, 6ªA, 28035, Madrid, España f.gil@upm.es

### EDUARDO CALDENTY GALLARDO

Assistant official school of building engineers of the Balearic Islands Mallorca, España eduardocaldenteyl@gmail.com

### MIGUEL ANGEL HORTELANO ANGUIITA

Departamento procesal y de arbitraje, Fórum Jurídico Abogados. Padilla nº 19, 1º dcha., 28006 Madrid, España. mah@forumjuridicoabogados.com

- ◊ The need of the expert in the judicial procedure as a tool of support of the judiciary.
- ◊ The professionalism that this has to have, to develop its role in the procedure both to support judges and lawyers.
- ◊ The implicit honesty to be a good professional and not to mislead the intervening agents. As well as the effort that institutions, professional associations, have to make to eradicate the professional intrusiveness of technicians unfit for the development of the profession and that generate too much collateral damage that harms the image of good make the real and professional expert.

**The expert evidence is a transmission of information that the expert makes to the judge or to a third party, in the form of an opinion so that he can assess facts or relevant circumstances in a given process. It is regulated in the LEC [1] (January 7, 2000) in articles 335 and 352. Thus the expert is configured as that person who has specific knowledge of which the court lacks and that are necessary for a proper evaluation of the process. The expert is a subject that by definition must be extraneous to the process and to the facts [2] The expert must not possess legal knowledge but if he knows the protocol that is used in judiciary proceedings in which he intervenes, in addition to have the knowledge, at least of the specialty that proves with his title and that are accurate in the test. The expert must be aware of the importance of his work in the judicial process and the value of his evidence, which can unbalance the balance of justice, with the damages and benefits inherent in the respective parties.**

*Training; Capacity; Responsibility; Impartiality; Jurisdiction*

- ◊ La necesidad del perito en el procedimiento judicial como herramienta de apoyo de la judicatura.
- ◊ La profesionalidad que tiene que tener éste, para desarrollar su función en el procedimiento tanto de apoyo a los jueces como a abogados.
- ◊ La honestidad implícita para a ser un buen profesional y no equivocar a los agentes intervinientes. Asimismo el esfuerzo que tienen que realizar las instituciones, colegios profesionales, para lograr la extirpación del intrusismo profesional de técnicos no aptos para el desarrollo de la profesión y que generan demasiados daños colaterales que perjudican la imagen del buen hacer del perito real y profesional.

**La prueba pericial es una transmisión de información que los perito realizan al juez o a un tercero, en forma de dictamen para que pueda valorar hechos o circunstancias relevantes en un determinado proceso. Se encuentra regulada en la LEC [1] (7 enero de 2000) en sus artículos 335 y 352. Así el perito se configura como aquella persona que dispone de conocimientos específicos de los que el tribunal carece y que resultan necesarios para una correcta evaluación del proceso. El perito es un sujeto que por definición previa debe ser ajeno al proceso y a los hechos [2]. El perito no debe de poseer conocimientos jurídicos, pero sí conocer el protocolo que se utiliza en los procedimientos judiciales en los que interviene, además de tener conocimientos, al menos de la especialidad que acredite con su título y que sean precisos en la prueba [2]. El perito ha de ser consciente de la trascendencia que tiene su trabajo en el proceso judicial y el valor de su prueba, que puede desequilibrar la balanza de la justicia, con lo perjuicios y beneficios inherentes a las respetivas partes.**

*Formación; Capacidad; Responsabilidad; Imparcialidad; Jurisdicción*

## 1. INTRODUCTION

The function of an expert is fundamental in the development of a judiciary procedure in any of its jurisdictions, but if it is true that it is more common in civil procedures, (between individuals) and administrative litigation [3] (between individuals and administration or between the administrations themselves, without forgetting the criminal procedures or those of the labor jurisdiction.

## 1. INTRODUCCIÓN

La función de un perito es fundamental en el desarrollo de un procedimiento judicial en cualquiera de sus jurisdicciones, pero si es verdad que es más común en los procedimientos de civiles, (entre particulares) y contencioso administrativo [3] (entre particulares y administración o entre las propias administraciones, sin olvidar los procedimientos penales o los de la jurisdicción laboral.

We must not forget that every day we tend more to mediation [4] provided that the necessary conditions are met or that the parties put in place the necessary means, also here the expert, in this case, plays a very important role, estimating the content of possible claims as well as their assessment from a professional objectivity, to try to reach an out-of-court agreement, before being immersed in an annoying, tedious, long and expensive procedure, in which the parties lose the protagonism and are available to a judge who, of course, is not an expert in the matter, who argues and does not have to be and will dictate sentence against or favor, totally or partially with the consequences that derives both economic and responsibilities.

The good criticism [5] that a judge must apply to the expert opinions, for this, according to article 632 of the LEC of 1881, expressed that the judges value the expert evidence according to the rule of sound criticism, that content is maintained in our days in article 438 of the LEC.

The good performance [6] and objective that the expert must perform in his opinion or expert report to generate credibility so that the judge appreciates interest in him and awakens certainty about the facts discussed.

## 2. DEVELOPMENT AND METHODS

Let's ask ourselves this question: what would we like as users to expect from an expert who will be a fundamental part in the final decision of the judicial procedure in our behalf or against us, with the recognition or not of my claims? Besides the best, the more effective. And this, how is achieved?. With:

### 2.1 PROFESSIONALISM

That possesses the appropriate knowledge about the procedure for which proof is requested. In this changing society in which curricula endow a multitude of competencies to different professionals, it is sometimes difficult to choose the appropriate one, when I can do it, for the procedure that is in progress. The expert himself must prove his professionalism by rejecting a possible commission, knowing its purpose and not being a real expert in the matter, although its qualification allows it and is waived in these times of professional disgust, at a substantial fee.

### 2.2 HONESTY

That tell the truth, that does not manipulate the data or increase the valuation to fatten the *petitum* of the lawyer and the ego of the client, according to the damage that can cause his opinion to some of the parties, including his. That even winning the procedure, but not in costs due to a lack of reality in the valuation and estimation of an amount of the *petitum* less than what was intended, or to the judicial expert who is not inclined to plagiarize the existing report of the most comfortable part, without ascertaining the reality of what happened, because of the ease with which a judicial expert is inclined to lean towards one or another report already made by the parties' experts.

It is regrettable to see how the LEC itself [1] in its latest modifications of 2015, equates the probative value of the judicial

No se debe de olvidar, que cada día se tiende más a mediación [4] siempre que se den las condiciones necesarias o pongan las partes los medios necesarios, también aquí el perito en este caso de parte, juega un papel importantísimo, al estimar el contenido de las posibles reclamaciones así como su valoración desde una objetividad profesional, para intentar llegar a un acuerdo extrajudicial, antes de estar inmersos en un procedimiento molesto, tedioso, largo y costoso, en el cual las partes pierden el protagonismo y están a disposición de un juez el cual, desde luego seguro que no es un experto en la materia, que se discute ni tiene porque serlo y va a dictar sentencia en contra o favor, total o parcialmente con las consecuencias que deriva tanto económicas como de responsabilidades.

La sana crítica [5] que debe de aplicar un juzgador a los dictámenes periciales, para así, según dice el artículo 632 de LEC de 1881, expresaba que los jueces valoran la prueba pericial según la regla de la sana crítica, ese contenido se mantiene en nuestros días en el artículo 438 de la LEC.

La sana actuación [6] y objetiva que tiene que realizar el perito en su dictamen o informe pericial para que genere credibilidad para que el juzgador aprecie interés en él y le despierte certidumbre sobre los hechos discutidos.

## 2. DESARROLLO Y MÉTODOS

Hagámonos esta pregunta: ¿qué nos gustaría como usuarios esperar de un perito el cual va a ser parte fundamental en la decisión final del procedimiento judicial a nuestro favor o en nuestra contra, con el reconocimiento o no de mis pretensiones? Además del mejor, él más efectivo. Y esto ¿cómo se logra?. Con:

### 2.1 PROFESIONALIDAD

Que posea los conocimientos adecuados sobre el procedimiento para el que se solicita prueba. En esta sociedad cambiante en la cual los planes de estudios dotan de multitud de competencias a distintos profesionales, a veces es difícil elegir el adecuado, cuando puedo hacerlo, para el procedimiento que está en curso. El propio perito debe de demostrar su profesionalidad al rechazar un posible encargo, al conocer su objeto y no ser un experto real en la materia, aunque su titulación se lo permita y este renunciado en estos tiempos de hastío profesional, a unos sustanciosos honorarios.

### 2.2 HONESTIDAD

Que diga la verdad, que no manipule los datos o aumente la valoración para engordar el *petitum* del letrado y el ego del cliente, a tenor del perjuicio que puede provocar su dictamen a algunas de las partes, inclusive a la suya. Que aun ganando el procedimiento, pero no en costas por una falta de realidad en la valoración y estimación de un montante del *petitum* inferior a lo pretendido, o al perito judicial que no se incline por plagiar el informe existente de parte que resulte más cómodo, sin averiguar la realidad de lo sucedido, por la facilidad que le implica a un perito judicial inclinarse por uno u otro informe ya realizado por los peritos de parte.

Es lamentable ver como la propia LEC [1] en sus últimas modi-

expert to the party one, due to the professional intrusiveness that has been produced in the appointment of judicial experts. They access the list of his professional school with hardly any experience, simply because they have an academic qualification according to the need of the list of experts in his speciality.

It is regrettable to see how some judicial experts seem to be endowed with "license to kill", that is, they charge amounts that sometimes are double and triple the fees of an expert witness, for the sole fact of having been appointed by the court at the request of part.

It is also dismal that the fees of an witness expert, on the part of the client or of the lawyer who is the director of the procedure will be diminished. This attitude will always be to the detriment of the client's own interest, since a satisfactory work is not carried out when we think that we are being undervalued, it is the reality but sometimes the necessity of daily life obliges us to do so, although it is particularly hard for this praxis.

Let us ask ourselves the following question: Would we put ourselves in the hands of a newly doctored medical student with little experience in surgical operations so that we would be openly operated heard on by him?"

### 2.3 APPEARANCE

An expert, both in the initial phase of drafting your report, and in the room, in ratification, must be aseptic and elegant, according to the professional expected. He must not fall into the provocations of the opposing counsel and his expert and in his disqualifications. They are professionals who may or may not agree on an opinion, will be the judge who evaluates [7] the test for the final ruling delivering. They can not fall into the temptation of thinking ourselves as judges. Yes to help in what is considered appropriate with respect to the opinion for your better understanding.

To maintain that good appearance the expert can not express nervousness, that generates uncertainty, has to have done his tasks, master his report, manifest absolute control of the situation, care without confusing with sitting chair, attitude that should not fall and some fall, provoking airs of superiority with the rest and the expert can not be forgotten, that the one who directs and orders the procedure is the judge.

### 2.4 EFFECTIVENESS

The work done must have as results for the client, the truth of what happened, to know in advance what to expect before the judicial process and then if the various factors involved in a judicial proceeding result in a favorable ruling or less unfavorable.

## 3. THE EXPERT PROFESSIONAL AND THE INTRUSION

The profession of the legal expert is the appearance of the expert. This profession has not been recognized by all parties and often has been violated during downturn times by non-expert professionals, who call themselves experts. These, with their actions, undermine the honest profession of the judicial expert, generating uncertainty, reduction of fees to capture

ficaciones del 2015, iguala el valor probatorio del perito judicial al de parte, debido al intrusismo profesional que se viene produciendo en la designación de peritos judiciales. Estos acceden a la lista de su colegio profesional sin apenas experiencia, simplemente por el hecho de tener una titulación académica acorde a la necesidad de la lista de peritos en su especialidad.

Es lamentable ver como algunos peritos judiciales, parecen estar dotados de "licencia para matar", es decir, cobran cifras que duplican y triplican a veces los honorarios de un perito de parte, por el solo hecho de haber sido designado por el juzgado a instancia de parte.

También es tétrico como se le menoscaban los honorarios a un perito de parte, por parte del cliente o del propio letrado director del procedimiento. Esta actitud siempre va a ir en detrimento de los interés del propio cliente, pues no se realiza un trabajo satisfactorio cuando pensamos que estamos siendo infravalorados, es la realidad pero a veces la necesidad de la vida cotidiana obliga a ello, aunque particularmente huya de esta praxis.

Hagámonos la siguiente pregunta ¿Nos pondríamos en manos de un estudiante de medicina recién doctorado sin apenas experiencia en operaciones quirúrgicas para que fuésemos intervenidos de corazón abierto por él?

### 2.3 APARIENCIA

Un perito, tanto en su fase inicial de redacción de su informe, como en sala en ratificación del mismo, debe de ser aséptico y elegante, acorde al profesional que se espera. No debe caer en las provocaciones del letrado contrario y su perito y en sus descalificaciones. Son profesionales que pueden o no coincidir en una opinión, y será el juez el que valore [7] la prueba para la emisión de la sentencia. No pueden caer en la tentación de creerse jueces. Sí en la de ayudarlos en lo que se considere oportuno con respecto al dictamen para su mejor entendimiento.

Para mantener esa buena apariencia el perito no puede manifestar nerviosismo, que genera incertidumbre, ha de haber hecho sus tareas, dominar su informe, manifestar dominio absoluto de la situación, cuidado sin confundir con sentar cátedra, actitud en que no se debe de caer y algunos caen, provocando aires de superioridad con el resto y no se puede olvidar el perito, que el que dirige y manda el procedimiento es el juez.

### 2.4 EFECTIVIDAD

El trabajo realizado debe tener como resultado para el cliente la verdad de lo acontecido, para saber de antemano a qué atenerse antes del procedimiento judicial, y después, los distintos factores que intervienen en un procedimiento judicial darán como resultado una sentencia favorable o menos desfavorable.

## 3. EL PROFESIONAL EXPERTO Y LA INTRUSIÓN

La profesión del perito es la apariencia del experto. Esta profesión no siempre está reconocida por todos y muchas veces

the client. Therefore, they create a lack of confidence in the sector, trying to build loyalty to a client, which by means of its report accommodated to the interests of the client, does not represent the reality of what is happening, waiting for the incompetence of the contrary, of the fatigue of the lawyer, of the judge's stress due to the pending procedures, can achieve his objective, achieve a favorable judgment to his client, in a non professional manner and harming the profession of the judicial expert, either of a party or judicial.

There are old lawyers who speak of the expert of the part as [8] 'the servant who owes his master'. It is true that in this sector is practiced (they are praxis that must be eliminated to confirm the responsible) extraordinary work and dignity profession of the judicial expert, thus confirming the great work within the judicial procedure.

Sometimes it is difficult to have to communicate the client that he is not right and the results obtained are not favorable. But this is better than going to a procedure in which, easily the opposite and with strong tests, will distort our report and the loss of the procedure to the client. In this situation it is important to always put the cards face up and that the client decides jointly with his legal lawyer if there is substance for the defense or not, but never make mistakes.

#### 4. CONCLUSIONS

It is necessary to dignify the profession day by day, with the professional performance of the experts and to avoid the professional intrusion that is increased in downturn times. It is necessary to promote the Professionalism, Honesty of the own professionals, to transmit to the rest of the intervening people in the process, the need for professionalism and facing the reality of situations.

It is important also, to draw attention to the judiciary so that judges [9], be rigorous with non-professionals who distort reality with their manipulated without scruples reports, that generates a damage sometimes irremediable, applying the weight of the law and the Penal Code [10], even knowing the judge who is going to suffer delays in this procedure underway for the prejudiciality that will cause, creating, in some cases, temporary paralysis of the ongoing judicial process, but surely these actions from the judges would help eliminate the praxis unorthodox of some who call themselves experts and that discredit this profession so frequently.

In addition, the lawyers, should take into account in this fact, choosing professionals and no temporary workers in the sector, that dictate at any price and with the desired result. The daily life is given light specializing in the legal sector and consequently the professionals who collaborate with it to obtain the best results for their clients.

In short, putting all a bit of your part, a better recognized and more efficient sector could be achieved. There would be fewer procedures in progress and savings for today's society, with quality work and well paid.

ha sido vulnerada en tiempo de crisis por profesionales no expertos, que se hacen llamar peritos. Estos, con su actuación, desvirtúan la honrada profesión del perito judicial, generando incertidumbre, disminución de honorarios por captar al cliente. Así mismo, motivan falta de confianza en el sector, por intentar fidelizar a un cliente, que mediante su informe acomodado a los intereses del cliente, no representa la realidad de lo acaecido, esperando de la impericia del contrario, del cansancio del letrado, del estrés del juez por los procedimientos pendientes, pueda lograr su objetivo, lograr una sentencia favorable a su cliente, de forma no profesional y perjudicando a la profesión del perito judicial, bien de parte o judicial.

Hay letrados con canas que hablan del perito del parte como [8] "el siervo que se debe a su amo". Es cierto que en este sector se practica (son praxis que se deben de eliminar para confirmar la responsable) extraordinaria labor y digna profesión del perito judicial, confirmando así la gran labor dentro del procedimiento judicial.

Hay veces que resulta difícil tener que comunicarle al cliente que no tiene razón and que los resultados obtenidos no le son favorables. Pero es mejor esto que ir a un procedimiento en el cual, fácilmente el contrario y con pruebas de peso, va a desvirtuar nuestro informe y la pérdida del procedimiento al cliente. Dada esta tesitura es importante poner siempre las cartas boca arriba y que el cliente decida conjuntamente con su dirección letrada si existe sustancia para la defensa o no, pero nunca equivocarse.

#### 4. CONCLUSIONES

Hay que dignificar la profesión día a día, con la actuación profesional de los peritos y evitar el intrusismo profesional que se ve incrementado en épocas de crisis. Hay que fomentar la Profesionalidad, Honestidad de los propios profesionales, para transmitir al resto de los intervinientes en el proceso la necesidad de la profesionalidad y afrontar la realidad de las situaciones.

También hay que llamar la atención a la judicatura para que los juzgadores [9], sean rigurosos con los no profesionales que desvirtúan la realidad con sus informes manipulados sin escrúpulos que generan un daño a veces irremediable, aplicándoles el peso de la ley y del Código Penal [10], aun sabiendo el juzgador que va sufrir atrasos en ese procedimiento en marcha por la prejudicialidad que va provocar, originando, en algunos casos, la paralización temporal del proceso judicial en marcha, pero seguro que estas actuaciones desde los juzgadores ayudaría a eliminar las praxis no ortodoxas de algunos que se hacen llamar peritos y que desprestigian esta profesión con tanta frecuencia.

Además, los letrados deberían de tomar carta en este asunto eligiendo profesionales y no trabajadores temporales del sector, que dictaminan a cualquier precio y con el resultado deseado. La vida cotidiana da luz, especializándose el sector de la abogacía y consecuentemente los profesionales que colaboran con ella para obtener los mejores resultados para sus clientes.

#### 4. REFERENCES

- [1] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 1/2000, de 7 de enero, de Enjuiciamiento Civil. Publicado en BOE núm. 7 de 08 de enero de 2000. revisión vigente desde 01 de Enero de 2016.
- [2] Mas-Guindal Lafarga A.J./ Arquitecto, profesor y secretario académico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. ETSAM-UPM.
- [3] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 29/1998 de 3 de Julio de Jurisdicción Contencioso Administrativo. Publicado en BOE núm. 30 de 30 de enero de 1998. Ley 29/1998 de 3 de Julio de Jurisdicción Contencioso Administrativo.
- [4] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 5/2012, de 6 de julio de 2012. Publicado en BOE núm. Sábado 7 de julio de 2012.
- [5] Ferrajoli, Derechos y garantías: "la ley del más débil", trad. de P. Andrés Ibáñez y A. Greppi, Trota, 1999.
- [6] Jordi Ferrer Beltrán: Derecho a la prueba y racionalidad de las decisiones, en *Jueces para la Democracia, Información y Debate*, número 47, julio de 2003, págs. 28-29.
- [7] Juan Montero Aroca: La prueba en el proceso civil. *Civitas*, 2002, págs. 278-279. Sana crítica.
- [8] Valentín Cortés Domínguez, citado por Ángel Santiago Martínez García: La prueba en el proceso civil. *Cuadernos de derecho judicial*, 34, 1993, págs. 41 y ss.
- [9] Ley Orgánica 6/1985, de 1 de julio, del Poder Judicial. núm. Publicado en BOE 157, de 02/07/1985.
- [10] Ley orgánica 1/2015, de 30 de marzo, código penal, 14 de diciembre de 2017, Publicado en BOE-A-2015-3439.

En definitiva, poniendo todos un poco de su parte, podría lograrse un sector mejor reconocido, más eficiente, con el que habría menos procedimientos en curso y un ahorro para la sociedad actual, con un trabajo de calidad y bien remunerado.

#### 4. REFERENCIAS

- [1] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 1/2000, de 7 de enero, de Enjuiciamiento Civil. Publicado en BOE núm. 7 de 08 de Enero de 2000. revision vigente desde 01 de Enero de 2016.
- [2] Mas-Guindal Lafarga A.J./ Arquitecto, profesor y secretario académico de la Escuela Técnica superior de Arquitectura de Madrid. ETSAM-UPM.
- [3] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 29/1998 de 3 de Julio de Jurisdicción Contencioso Administrativo. Publicado en BOE núm. 30 de 30 de enero de 1998. Ley 29/1998 de 3 de Julio de Jurisdicción Contencioso Administrativo.
- [4] Ley de enjuiciamiento civil 2000. Ley 5/2012, de 6 de julio de 2012. Publicado en BOE núm. Sábado 7 de julio de 2012.
- [5] Luigi Ferrajoli, Derechos y garantías: "la ley del más débil", trad. de P. Andrés Ibáñez y A. Greppi, Trota, 1999.
- [6] Jordi Ferrer Beltrán: Derecho a la prueba y racionalidad de las decisiones, en *Jueces para la Democracia, Información y Debate*, número 47, julio de 2003, págs. 28-29.
- [7] Juan Montero Aroca: La prueba en el proceso civil. *Civitas*, 2002, págs. 278-279. Sana crítica.
- [8] Valentín Cortés Domínguez, citado por Ángel Santiago Martínez García: La prueba en el proceso civil. *Cuadernos de derecho judicial*, 34, 1993, págs. 41 y ss.
- [9] Ley Orgánica 6/1985, de 1 de julio, del Poder Judicial. núm. Publicado en BOE 157, de 02/07/1985.
- [10] Ley orgánica 1/2015, de 30 de marzo, código penal, 14 de diciembre de 2017, Publicado en BOE-A-2015-3439.

---

#### 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 suitable for publication).

**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\\_B M.docx](http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.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 consider equivalent to 200 words. And before we can accept a manuscript, B&M requires Open Researcher and Contributor ID (ORCID) information for every author on the paper.

### 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\\_B M.docx](http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.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. Todos los autores deben aportar su identificador digital ORCID.

### 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.

The DOI (Digital Object Identifier) should be incorporated into every reference for which it is available.

## ♦ 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 Bruijn networks and sufflenets 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

## 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.

Siempre que la publicación citada disponga de DOI, será necesaria su incorporación en la referencia bibliográfica.

## ♦ 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 Bruijn networks and sufflenets 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

provided in separate files, if the article is accepted.

### 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

con una resolución inferior y se aportarán las figuras con máxima resolución en archivos independientes.

### 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 junta, 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

- ◆ 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-ND 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-ND 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  
Diagnóstico 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

