

# JIDA'24

XII JORNADAS  
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE  
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION  
IN ARCHITECTURE JIDA'24

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ  
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'24

GRADO EN ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS, URJC  
21 Y 22 DE NOVIEMBRE DE 2024



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Organiza e impulsa **Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC)**

### **Editores**

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

### **Edita**

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

**ISBN** 978-84-10008-81-6 (IDP-UPC)

**eISSN** 2462-571X

© de los textos y las imágenes: los autores

© de la presente edición: Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

## **Comité Organizador JIDA'24**

### ***Dirección y edición***

#### **Berta Bardí-Milà (UPC)**

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

#### **Daniel García-Escudero (UPC)**

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

### ***Organización***

#### **Raquel Martínez Gutiérrez (URJC)**

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

#### **Joan Moreno Sanz (UPC)**

Dr. Arquitecto, Departamento de Urbanismo, Territorio y Paisaje, ETSAB-UPC

#### **Irene Ros Martín (URJC)**

Dra. Arquitecta Técnica, Construcciones Arquitectónicas, EIF-URJC, Coordinadora Académica Programa Innovación Docente CIED

#### **Raquel Sardá Sánchez (URJC)**

Dra. Bellas Artes, FAH-URJC, Vicedecana de Infraestructuras, Campus y Laboratorios FAH

#### **Judit Taberna Torres (UPC)**

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

#### **Ignacio Vicente-Sandoval González (URJC)**

Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, EIF-URJC

### ***Coordinación***

#### **Alba Arboix Alió (UB)**

Dra. Arquitecta, Departamento de Artes Visuales y Diseño, UB

## **Comité Científico JIDA'24**

### **Francisco Javier Abarca Álvarez**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAGr-UGR

### **Luisa Alarcón González**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

### **Lara Alcaina Pozo**

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

### **Atxu Amann Alcocer**

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

### **Serafina Amoroso**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

### **Irma Arribas Pérez**

Dra. Arquitecta, ETSALS

### **Raimundo Bambó Naya**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, EINA-UNIZAR

### **Enrique Manuel Blanco Lorenzo**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, Urbanismo y Composición, ETSAC-UdC

### **Belén Butragueño**

Dra. Arquitecta, Ideación gráfica, University of Texas in Arlington, TX, USA

### **Francisco Javier Castellano-Pulido**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, eAM<sup>1</sup>-UMA

### **Raúl Castellanos Gómez**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

### **Nuria Castilla Cabanes**

Dra. Arquitecta, Construcciones arquitectónicas, ETSA-UPV

### **David Caralt**

Arquitecto, Universidad San Sebastián, Chile

### **Eva Crespo**

Dra. Arquitecta, Tecnología de la Arquitectura, ETSAB-UPC

### **Rafael Córdoba Hernández**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del territorio, ETSAM-UPM

### **Rafael de Lacour Jiménez**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSAGr-UGR

### **Eduardo Delgado Orusco**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

**Débora Domingo Calabuig**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

**Elena Escudero López**

Dra. Arquitecta, Urbanística y Ordenación del Territorio, EIF-URJC

**Antonio Estepa**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, USJ

**Sagrario Fernández Raga**

Dra. Arquitecta, Composición Arquitectónica, ETSAVA-Uva

**Nieves Fernández Villalobos**

Dra. Arquitecta, Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos, ETSAVA-Uva

**Arturo Frediani Sarfati**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-URV

**Jessica Fuentealba Quilodrán**

Dra. Arquitecta, Diseño y Teoría de la Arquitectura, UBB, Chile

**David García-Asenjo Llana**

Dr. Arquitecto, Composición Arquitectónica, EIF-URJC y UAH

**Pedro García Martínez**

Dr. Arquitecto, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UPCT

**Eva Gil Lopesino**

Dra. arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, IE University, Madrid

**David Hernández Falagán**

Dr. Arquitecto, Teoría e Historia de la Arquitectura, ETSAB-UPC

**Ana Eugenia Jara Venegas**

Arquitecta, Universidad San Sebastián, Chile

**José M<sup>a</sup> Jové Sandoval**

Dr. Arquitecto, Teoría de la Arquitectura y Proyectos Arquitectónicos, ETSAVA-UVA

**Alfredo Llorente Álvarez**

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánicas de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSAVA-UVA

**Carlos Marmolejo Duarte**

Dr. Arquitecto, Gestión y Valoración Urbana, ETSAB-UPC

**María Pura Moreno Moreno**

Dra. Arquitecta y Socióloga, Composición Arquitectónica, EIF-URJC

**Isidro Navarro Delgado**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

**David Navarro Moreno**

Dr. Ingeniero de Edificación, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UPCT

**Olatz Ocerin Ibáñez**

Arquitecta, Dra. Filosofía, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

**Roger Paez**

Dr. Arquitecto, Elisava Facultat de Disseny i Enginyeria, UVic-UCC

**Andrea Parga Vázquez**

Dra. Arquitecta, Expresión gráfica, Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica, FNB-UPC

**Oriol Pons Valladares**

Dr. Arquitecto, Tecnología de la Arquitectura, ETSAB-UPC

**Janina Puig Costa**

Arquitecta, Dra. Humanidades, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

**Amadeo Ramos Carranza**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Ernest Redondo**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

**Gonzalo Ríos-Vizcarra**

Dr. Arquitecto, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú

**Emilia Román López**

Dra. Arquitecta, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAM-UPM

**Borja Ruiz-Apiláñez**

Dr. Arquitecto, UyOT, Ingeniería Civil y de la Edificación, EAT-UCLM

**Patricia Sabín Díaz**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, Urbanismo y Composición, ETSAC-UdC

**Marta Serra Permanyer**

Dra. Arquitecta, Teoría e Historia de la Arquitectura, ETSAV-UPC

**Josep Maria Solé Gras**

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, EAR-URV

**Koldo Telleria Andueza**

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSA EHU-UPV

**Ramon Torres Herrera**

Dr. Físico, Departamento de Física, ETSAB-UPC

**Natalia Uribe Lemarie**

Dra. Arquitecta, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

**Francesc Valls Dalmau**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

**José Vela Castillo**

Dr. Arquitecto, Culture and Theory in Architecture and Idea and Form, IE School of Architecture and Design, IE University, Segovia

**Ferran Ventura Blanch**

Dr. Arquitecto, Departamento Arte y Arquitectura, ETSA-UMA

**Isabel Zaragoza**

Dra. Arquitecta, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

## ÍNDICE

1. **Simulando un proceso judicial: cuando lo analógico prevalece. *Simulating a judicial process: when analog prevails.*** Lizundia-Uranga, Iñigo; Azcona-Urbe, Leire.
2. **Aprender con la Inteligencia Artificial: aplicación en un aula sobre cartografía operativa. *Learning with Artificial Intelligence: application in an operative mapping course.*** García-Pérez, Sergio; Sancho-Mir, Miguel.
3. **Digitalmente analógico: simular (digitalmente) lo que representa (analógico). *Digitally analog: simulating (digitally) what it represents (analog).*** Álvarez-Agea, Alberto.
4. **Reto climático: proyectar para la subida del nivel del mar. *Climate challenge: designing for sea level rise.*** Ovalle Costal, Daniel; Guardiola-Víllora, Arianna.
5. **Development of a materials library within the university library: analogue and digital link. *Desarrollar una materioteca en la biblioteca universitaria: con lo analógico y lo digital.*** Zamora-Mestre, Joan-Lluís; Mena-Arroyo, Raquel-Valentina; Serra-Fabregà, Raül.
6. **Rehacer, no deshacer: insistencia de la representación manual en taller. *Redo, not undo: insistence on manual representation in the studio.*** Pérez-García, Diego.
7. **Proyecto Virtual y Analógico de rehabilitación de Siedlungen 1950-70 en Mainz, Alemania. *Virtual and Analogue Project for the rehabilitation of Siedlungen 1950-70 in Mainz, Germany.*** Pelegrín-Rodríguez, Marta; Pérez-Blanco, Fernando.
8. **Imaginabilidad de la sociedad analógica-digital: ecosistemas gráficos de derivas urbanas. *Imaginability of the analogue-digital society: graphic ecosystems of urban drifts.*** Barrale, Julián; Waidler, Melanie; Higuera, Ester; Seve, Bruno.
9. **La pompa de jabón: estudio experimental y digital de las superficies mínimas. *The soap bubble: experimental and digital study of minimal surfaces.*** Salazar-Lozano, María del Pilar; Alonso-Pedrero, Fernando; Morán-García, Pilar.
10. **Experiencia metodológica en la introducción de la perspectiva de género en el proyecto. *Methodological experience in introducing a gender perspective into the project.*** López-Bahut, Emma.
11. **Los ladrillos no son digitales: la experiencia táctil en la docencia de construcción. *Bricks are not digital: the tactile experience in construction teaching.*** Arias Madero, Javier.

12. **El espacio del cuerpo / el cuerpo del espacio: experiencias físicas y digitales y viceversa. *The space of the body/the body of space: Physical and digital experiences and vice versa.*** Ramos-Jular, Jorge; Rizzi, Valentina.
13. **Dibujar el diseño: técnicas de expresión artística aplicadas al diseño industrial. *Drawing the Design: techniques of artistic expression applied to industrial design.*** Prado-Acebo, Cristina; Río-Vázquez, Antonio S.
14. **Reflexiones desde la Composición Arquitectónica ante la IA: dilemas y retos. *Reflections from Architectural Composition on AI: dilemmas and challenges.*** Pinzón-Ayala, Daniel.
15. **Estrategias comunicativas para la arquitectura: del storyboard al reel de Instagram. *Communication strategies for architecture: from storyboard to Instagram reel.*** Martín López, Lucía; De Jorge-Huertas, Virginia.
16. **De la imagen al prompt, y viceversa: IA aplicada a la Historia del Arte y la Arquitectura. *From image to prompt, and viceversa: AI applied to the History of Art and Architecture.*** Minguito-García, Ana Patricia; Prieto-González, Eduardo.
17. **Narrativas visuales en la enseñanza de la arquitectura Post-Digital. *Visual Narratives in Post-Digital Architectural Learning.*** González-Jiménez, Beatriz S.; Núñez-Bravo, Paula M.
18. **Dibujar rápido, dibujar despacio: la dicotomía del aprendizaje de la representación arquitectónica. *Draw fast, draw slow: the dichotomy in learning architectural representation.*** De-Gispert-Hernandez, Jordi; Moliner-Nuño, Sandra; Crespo-Cabillo, Isabel; Sánchez-Riera, Albert.
19. **Del paradigma mecánico al digital: diseño de prototipos desplegable. *From analog to digital paradigm: design of deployable prototypes.*** Peña Fernández - Serrano, Martino.
20. **Introducción de inteligencia artificial en la evaluación de asignaturas de teoría e historia. *Introduction of artificial intelligence for the assessment of theory and history subjects.*** Fabrè-Nadal, Martina; Sogbe-Mora, Erica.
21. **Haciendo arquitectura con las instalaciones: una experiencia mediante realidad virtual. *Making architecture with building services: an experience through virtual reality.*** García Herrero, Jesús; Carrascal García, Teresa; Bellido Palau, Miriam; Gallego Sánchez-Torija, Jorge.
22. **Talleres interdisciplinarios de diseño de espacio educativo con técnicas analógicas y digitales. *Interdisciplinary workshops on educational space design with analog and digital techniques.*** Genís-Vinyals, Mariona; Gisbert-Cervera, Mercè; Castro-Hernández, Lucía; Pagès-Arjona, Ignasi.

23. **Analogías de un viaje. *Analogies of a trip.*** Àvila-Casademont, Genís; de Gispert-Hernández, Jordi; Moliner-Nuño, Sandra; Sánchez-Riera, Albert.
24. **El gemelo digital en arquitectura: integración de los aspectos ambientales al proceso de proyecto. *The Digital Twin in Architecture: integrating environmental aspects into the design process.*** González Torrado, Cristian.
25. **Registro físico-digital del territorio: experiencia inmersiva de iniciación arquitectónica. *Physical-digital registration of the territory: inmesirve architectural initiation experience.*** Galleguillos-Negróni, Valentina; Mazzarini-Watts, Piero; Novoa López-Hermida, Alberto.
26. **Hitos infraestructurales como detonantes del proyecto de arquitectura. *Infrastructural landmarks as triggers for the architectural project.*** Loyola- Lizama, Ignacio; Latorre-Soto, Jaime; Ramirez-Fernandez, Rocio.
27. **Proyectar arquitectura: entre la postproducción manipulada y la cotidianidad ensamblada. *Design architecture: between manipulated post-production and assembled everyday.*** Montoro-Coso, Ricardo; Sonntag, Franca Alexandra.
28. **De Grado a Postgrado: imaginarios colectivos en entornos digitales. *From undergraduate to postgraduate: collective imaginaries in digital environments.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Ruiz-Bulnes, Pilar.
29. **Genealogías [In]verosímiles: un método de aprendizaje colaborativo digital basado en la investigación. *[Un]thinkable Genealogies: a digital collaborative learning method based on the investigation.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Ruiz-Bulnes, Pilar.
30. **Vanguardias receptivas: estrategias híbridas para el desarrollo de aprendizaje de la arquitectura. *Receptive vanguards: hybrid strategies for architecture learning development.*** Pérez-Tembleque Laura; González-Izquierdo, José Manuel; Barahona Garcia, Miguel.
31. **De lógicas y dispositivos [con]textuales. *Of logics and [con]textual devices.*** Pérez-Álvarez, María Florencia; Pugni, María Emilia.
32. **Estudio Paisaje: red de actores y recursos agroecológicos metropolitanos (ApS UPM). *Estudio Paisaje: network of metropolitan agroecological actors and resources (ApS UPM).*** Arques Soler, Francisco; Lapayese Luque, Concha; Martín Sánchez, Diego; Udina Rodríguez, Carlo.
33. **Pedagogías socialmente situadas en Arquitectura: un repositorio de métodos y herramientas. *Socially situated architectural pedagogies: a repository of tools and methods.*** Vargas-Díaz, Ingrid; Cimadomo, Guido; Jiménez-Morales, Eduardo.

34. **La autopsia de la idea: el boceto como herramienta de análisis aplicado a la docencia. *The autopsy of the idea: the sketch as an analysis tool applied to teaching.*** López Coteló, Borja Ramón; Alonso Oro, Alberto.
35. **Enseñanza de teoría arquitectónica desde la autorregulación: la IA en el pensamiento reflexivo. *Teaching architectural theory from self-regulation: AI in reflexive thinking.*** San Andrés Lascano, Gilda.
36. **Fotogrametría digital automatizada y aprendizaje inicial del Dibujo de Arquitectura. *Automated Digital Photogrammetry and Initial Learning of Architectural Drawing.*** Moya-Olmedo, Pilar; Sobrón Martínez, Luis de; Sotelo-Calvillo, Gonzalo; Martínez Díaz, Ángel.
37. **Construcción y comunicación gráfica de la arquitectura: aprendiendo con Realidad Aumentada. *Graphic Construction and Communication of Architecture: learning with Augmented Reality.*** Moya-Olmedo, Pilar; Sobrón Martínez, Luis de; Sotelo-Calvillo, Gonzalo; Martínez Díaz, Ángel.
38. **De lo individual a lo colectivo, y viceversa: arquitectura para la convivencia. *From the Individual to the collective, and vice versa: architecture for coexistence.*** Gatica-Gómez, Gabriel; Sáez-Araneda, Ignacio.
39. **Plazas y juventud: herramientas mixtas de codiagnóstico y codiseño para la innovación. *Squares and youth: mixed co-diagnostic and co-design tools for innovation.*** Garrido-López, Fermina; Urda-Peña, Lucilar.
40. **KLIK: acciones de activación como metodología de aprendizaje. *KLIK: activation actions as learning methodology.*** Grijalba, Olatz; Campillo, Paula; Hierro, Paula.
41. **La IA en la enseñanza de la historia del arte: un caso práctico. *AI in the teaching of art history: a Case Study.*** Ruiz-Colmenar, Alberto; Mariné-Carretero, Nicolás.
42. **Taller de Arquitectos de la comunidad rural: integrando lo virtual y lo analógico. *Rural Community Architects Workshop: integrating virtual and analogue.*** De Manuel Jerez, Esteban; López de Asiain Alberich, María; Donadei, Marta; Bravo Bernal, Ana.
43. **El cuaderno de campo analógico en convivencia con el entorno digital en el aprendizaje de diseño. *The analogical field notebook in coexistence with the digital environment in design learning.*** Aguilar-Alejandro, María; Fernández-Rodríguez, Juan Francisco; Martín-Mariscal, Amanda.
44. **Entre el imaginario y la técnica: herramientas gráficas para la conceptualización del paisaje. *Between imaginary and technique: graphic tools for conceptualizing landscapes.*** Gómez-Lobo, Noemí; Rodríguez-Illanes, Alba; Ribot, Silvia.

45. **Maquetas y prototipos en diseño: del trabajo manual a la fabricación digital. *Models and prototypes in design: from handwork to digital fabrication.*** Fernández-Rodríguez, Juan Francisco; Aguilar-Alejandre, María; Martín-Mariscal, Amanda.
46. **Actos pedagógicos entre bastidores: artesanos y programadores. *Pedagogical acts in the backstage: between craftsmen and programmers.*** Sonntag, Franca Alexandra; Montoro-Coso, Ricardo.
47. **Cinco minutos en saltárselo: el TFG y los trabajos académicos a la luz de la Inteligencia Artificial. *Five minutes to evade it: the Final Degree Project (TFG) and academic papers in the light of Artificial Intelligence.*** Echarte Ramos, Jose María.
48. **Retos en la creación de contextos educativos digitales desde una perspectiva de género. *Challenges in creating digital educational contexts from a gender perspective.*** Alba-Dorado, María Isabel; Palomares-Alarcón, Sheila.
49. **La ciudad digital: nuevas perspectivas urbanas a través de las redes sociales geolocalizadas. *The digital city: new urban perspectives through Location-Based Social Networks.*** Bernabeu-Bautista, Álvaro; Huskinson, Mariana; Serrano-Estrada, Leticia.
50. **Inteligencia Expandida: exploraciones pedagógicas de diseño discursivo texto-imagen. *Expanded Intelligence: pedagogical explorations of text-image discursive design.*** Lobato-Valdespino, Juan Carlos; Flores-Romero, Jorge Humberto.
51. **BIP-StUDent: una experiencia de intercambio innovadora para el aprendizaje del urbanismo. *BIP-StUDent: an innovative exchange experience for urban learning.*** Novella-Abril, Inés; Deltoro-Soto, Julia; Thiel, Sophie; Wotha, Brigitte.
52. **Las máquinas de mirar: exploraciones pedagógicas en el inicio de las tecnologías inmersivas. *The Viewing Machines: Pedagogical Explorations at the Dawn of Immersive Technologies.*** Carrasco-Purull, Gonzalo; Salvatierra-Meza, Belén.
53. **Cartografías proyectivas como herramienta para repensar los paisajes operacionales. *Projective cartographies as a tool to rethink operational landscapes.*** Ribot, Silvia; R. Illanes, Alba.
54. **Modelado BIM en el Diseño Residencial: estrategias paramétricas de Arquitectura Digital. *BIM Modeling in Residential Design: Parametric strategies of Digital Architecture.*** Manzaba-Carvajal, Ghyslaine; Valencia-Robles, Ricardo; Romero-Jara, María; Cuenca-Márquez, César.
55. **La creación de un espacio de aprendizaje virtual en torno al habitar contemporáneo. *The creation of a virtual learning environment around contemporary living architecture.*** Alba-Dorado, María Isabel.

56. **Análogo a digital, viaje de ida y vuelta. *Analog to digital, round-trip journey.*** Loyola-Lizama, Ignacio; Sarmiento-Lara, Domingo.
57. **Tocando la arquitectura: experiencia y dibujo análogo como herramienta de proyección en arquitectura. *Touching architecture: experience and analog drawing as a design tool in architecture.*** Estrada-Gil, Ana María; López-Chalarca, Diego Alonso; Suárez-Velásquez, Ana Mercedes; Aguirre-Gómez, Karol Michelle.
58. **Un curso de Proyectos I: escalando el proyecto, el aula y el aprendizaje. *A Projects I Course: scaling project, classroom, and learning.*** Alonso-García, Eusebio; Blanco-Martín, Javier.
59. **Aplicación de la IA en los marcos teóricos: desafíos del Plan de Tesis de Arquitectura. *Application of AI in theoretical frameworks: challenges of the Architectural Thesis Plan.*** Butrón- Revilla, Cinthya; Manchego-Huaquipaco, Edith Gabriela; Prado-Arenas, Diana.

# Haciendo arquitectura con las instalaciones: una experiencia mediante realidad virtual

## *Making architecture with building services: an experience through virtual reality*

García Herrero, Jesús<sup>a</sup>; Carrascal García, Teresa<sup>b</sup>; Bellido Palau, Miriam<sup>c</sup>;  
Gallego Sánchez-Torija, Jorge<sup>d</sup>

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad Politécnica de Madrid, España. <sup>a</sup> Profesor contratado doctor [jesus.garciah@upm.es](mailto:jesus.garciah@upm.es); <sup>b</sup> Profesora asociada [teresa.carrascal@upm.es](mailto:teresa.carrascal@upm.es); <sup>c</sup> Alumna becaria del DCTA, [miriam.bellido.palau@alumnos.upm.es](mailto:miriam.bellido.palau@alumnos.upm.es); <sup>d</sup> Profesor contratado doctor, [jorge.gallego@upm.es](mailto:jorge.gallego@upm.es)

---

### Abstract

*One of the challenges for fifth-year students of the Degree in Fundamentals of Architecture is the visualization and integration of installations in buildings. This paper describes one experience developed with a BIM model of a real sports building and its systems. This model was used to complement the visit to the real building, allowing students to observe the layout of the ducts and equipment in their context. Additionally, a practical session was held in the classroom where students interacted with the model on a 3D platform, achieving a comprehensive view of the building with its systems. This presentation analyzes the results and opinions of the students, which were mostly positive, although the experience reveals that there are still some technological challenges to overcome.*

**Keywords:** *building services, BIM, active methodologies, educational technologies, teaching experiences.*

**Thematic areas:** *spaces for learning, architectural technology, challenge-based learning.*

---

### Resumen

*Uno de los desafíos para los alumnos de 5º curso del grado de Fundamentos de la Arquitectura es la visualización e integración de las instalaciones en los edificios. Esta ponencia describe una experiencia desarrollada con un modelo BIM de un edificio real de uso deportivo y de sus instalaciones. Dicho modelo se usó para enriquecer la visita al edificio real, permitiendo a los alumnos observar el trazado de las instalaciones en su contexto. Además, se realizó una sesión práctica en el aula donde los alumnos interactuaron con el modelo en una plataforma 3D, logrando una visión integral del edificio con sus instalaciones. Esta ponencia analiza los resultados y las opiniones de los alumnos, que fueron mayoritariamente positivas, aunque la experiencia revela que aún quedan algunos retos tecnológicos por superar.*

**Palabras clave:** *instalaciones, BIM, metodologías activas, tecnologías educativas, experiencias docentes.*

**Bloques temáticos:** *espacios para el aprendizaje, tecnología de la arquitectura, aprendizaje basado en retos.*

---

**Resumen datos académicos**

**Titulación:** Grado en Fundamentos de la Arquitectura

**Nivel/curso dentro de la titulación:** 5º curso

**Denominación oficial asignatura, experiencia docente, acción:** Proyecto de instalaciones

**Departamento/s o área/s de conocimiento:** Construcción y tecnología arquitectónicas

**Número profesorado:** En la experiencia han participado cuatro profesores

**Número estudiantes:** 100 alumnos, aproximadamente

**Número de cursos impartidos:** 2 semestres

**Página web o red social:** no

**Publicaciones derivadas:** no

## Introducción

¿Cómo ha de ser la docencia de las instalaciones para un alumno de 5º curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura?

En cursos inferiores se han realizado diversas experiencias para hacer más amable el primer contacto con una materia, a priori, árida para los estudiantes de arquitectura. Entre ellas cabe mencionar la realización de concursos de fotografía y video, combinando las asignaturas de instalaciones y construcción (Giménez et al., 2018) o la utilización de Instagram como soporte para un concurso de fotografía sobre instalaciones de ventilación y climatización (Assiego y Rodríguez, 2020). En ambos casos, realizados en Escuelas de Arquitectura diferentes, se aprovecha el perfil creativo de los alumnos para introducir una materia tecnológica.

En 5º curso, el último de Grado en Fundamentos de la Arquitectura, parece razonable que la estrategia sea diferente. En nuestro caso, a lo largo de más de una década de docencia hemos podido verificar que, frente a la enseñanza tradicional, el aprendizaje basado en retos resulta más estimulante y eficaz (Gallego et al., 2021). Una vez adquiridos los conocimientos básicos en los cursos precedentes, es el momento de implementar las instalaciones en los edificios y resolver su interacción con la estructura o la construcción dentro del proyecto arquitectónico, pues “la práctica profesional requiere de la comprensión íntima de que todas las áreas de conocimiento deben estar interrelacionadas” (García-Asenjo, 2023, 80).

Así, se propone al alumnado trabajar sobre un proyecto propio, desarrollado en alguno de los cursos de Proyectos precedentes, para que vaya introduciendo secuencialmente en él las instalaciones de protección contra incendios, climatización, fontanería y saneamiento. Se plantea el reto de intentar mantener la esencia arquitectónica del diseño original, realizando las adaptaciones pertinentes para cumplir la normativa de aplicación. En algunos casos los cambios han de ser drásticos, porque no se han previsto espacios para las instalaciones o para los medios de evacuación en caso de incendio (por ejemplo, una segunda escalera especialmente protegida en un edificio en altura).

En este sentido, durante todo el curso se insiste en la idea de considerar las instalaciones como un condicionante -no menor- del diseño arquitectónico y se aportan numerosos ejemplos de arquitectura de la máxima calidad donde esto se verifica. Algunos de ellos figuran en el libro *Máquinas de habitar: Hacer arquitectura con las instalaciones* (Gallego, 2022), donde se sigue la línea de investigación iniciada desde la Universidad de Navarra por Martín Gómez en su tesis doctoral *El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: energía materializada* (Martín, 2009).

Un gran ejemplo de integración arquitectónica de las instalaciones, analizado en la tesis de Martín Gómez y sistemáticamente explicado cada semestre en nuestras clases, es el Banco de Bilbao de Sáenz de Oíza. El ingeniero Pedro Aguilera contó en la ETSAM su experiencia en la ejecución de este edificio, en la conferencia *Banco de Bilbao. Las instalaciones del edificio y su integración arquitectónica por F.J. Sáenz de Oíza* (Aguilera, 2022) y acompañó su discurso con dos proyecciones: en una aparecían los planos originales y, en la segunda, se reproducía en bucle un video de un modelo en BIM del edificio, realizado expresamente para la ocasión. En el modelo se explicaba claramente la ubicación de los cuartos técnicos, el tendido de las instalaciones y su interacción con la estructura y la fachada del edificio (Fig. 1).

El acertado uso del BIM en la conferencia de Aguilera planteó su idoneidad para la realización de los trabajos de los alumnos en la asignatura, pues permitiría verificar la integración de las instalaciones en sus proyectos arquitectónicos. Sin embargo, en nuestra Escuela se utilizan otros

programas de dibujo más ágiles para las primeras fases del diseño arquitectónico, entendiéndose que el BIM es más adecuado para el ámbito profesional.

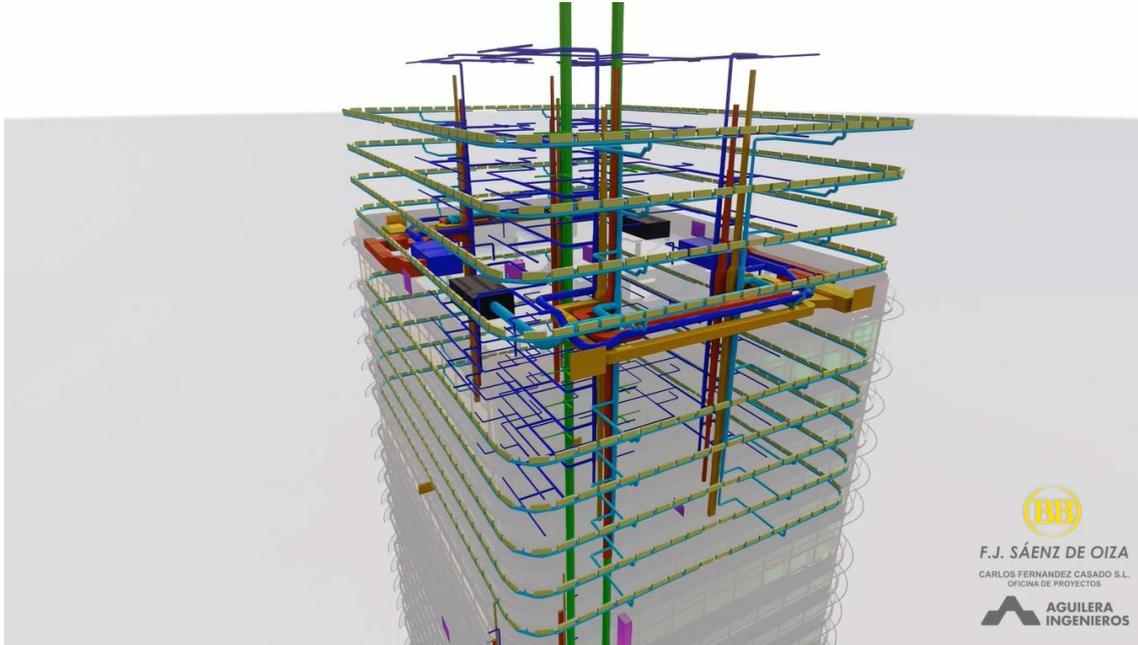


Fig. 1 Fotograma de la conferencia "Banco de Bilbao. Las instalaciones del edificio y su integración arquitectónica por F.J. Sáenz de Oíza". Fuente: Aguilera, P (2022)

Esta carencia se suple con la existencia de talleres optativos de BIM a partir de 4º curso, aunque son pocos los alumnos que lo cursan y aún menos los que se atreven a utilizarlo en la asignatura de instalaciones de 5º curso, dada la complejidad de los proyectos que eligen para desarrollarla y el poco tiempo disponible. Resulta más factible su utilización en Trabajos Fin de Grado, como el titulado *¿Vasallas o señoras? Las instalaciones en Campo Baeza y Perea* (Aguiriano, 2024), elaborado a partir de proyectos de ejecución de edificios construidos (Fig. 2).

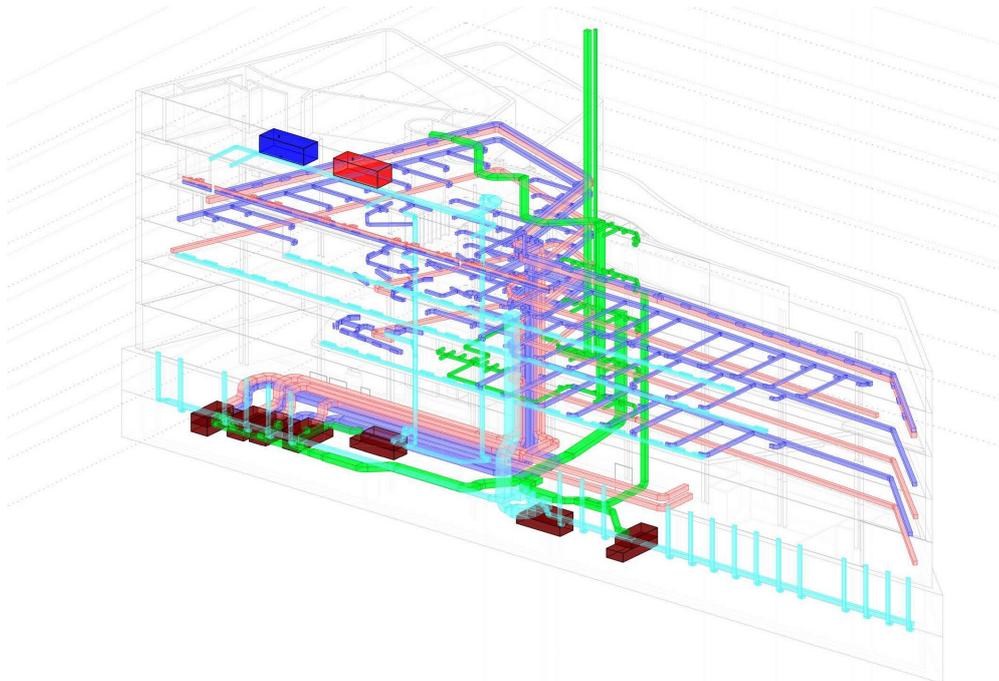


Fig. 2 Instalaciones de climatización en la biblioteca de Santiago de Compostela, de Perea. Fuente: Aguiriano, P (2024)

No todas las Escuelas comparten este planteamiento y algunas, como la de San Sebastián, han desarrollado experiencias para implantar el BIM en asignaturas troncales de construcción de 4º curso y en talleres integrados vinculados a ellas (León-Cascante et al., 2021). A pesar de la satisfacción general del alumnado, parte del profesorado se muestra reticente a su implantación y, en encuestas con valoración abierta, se repite la idea de que el BIM es un instrumento de trabajo y no sirve para adquirir conocimiento (Uranga et al., 2022, 182). Otras experiencias, como la desarrollada en la Universidad Europea, concluyen que la formación BIM ha de ser extracurricular (sin reducir contenidos de las asignaturas), que ésta no debe limitarse al manejo de una herramienta sino, además, favorecer una forma de trabajo colaborativo, y, finalmente, que su mayor aportación a la docencia puede estar en la transversalidad entre distintas asignaturas (Agulló et al., 2016, 91).

Retomando el desarrollo de la docencia en la asignatura de instalaciones de 5º curso, durante los últimos siete años se viene realizando una visita semestral a un notable edificio cercano coincidiendo con el desarrollo docente del bloque de climatización. Se trata del edificio de usos múltiples del Centro de Alto Rendimiento Deportivo (CARD) del Consejo Superior de Deportes. El edificio, de uso deportivo, alberga salas dedicadas a varias disciplinas de gimnasia, deportes de combate y natación. En la visita, de una hora y media de duración, los alumnos tienen la posibilidad de ver los cuartos de instalaciones y sus componentes. El edificio, que resulta muy pedagógico para comprender las distintas partes de un sistema de climatización complejo, es ejemplar en la integración de las instalaciones en la arquitectura y recibió en 1997 el primer premio de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid (AA.VV., 1998).



Fig. 3 y 4 Cubierta sin instalaciones del edificio visitado y maqueta ubicada en su interior. Fuente: Autores

En este edificio, una de las decisiones más significativas es la tratar la cubierta como una quinta fachada, visible desde los edificios colindantes, lo que obliga a llevar todas las instalaciones al sótano, a la manera de Mies en la Neue National Gallery (1968), de Kahn en el museo Kimbell (1972), o de Foster en el aeropuerto de Stansted (1991) (Fig. 3 y 4). Este planteamiento arquitectónico, que los alumnos suelen replicar en sus proyectos tras la visita al edificio, obliga a desarrollar diversas estrategias para permitir la admisión y la extracción de aire de las climatizadoras ubicadas en el sótano. En este caso, además, el fuerte desnivel existente en la parcela hace que la planta sótano se sitúe a una gran profundidad respecto a la cota de acceso y que se forme una especie de desfiladero, cerrado en su parte superior por una rejilla transitable de trámex (Fig. 5 y 6).



Fig. 5 y 6 Vistas desde el exterior y desde el interior del “desfiladero” de instalaciones. Fuente: Autores

Son múltiples las enseñanzas que se pueden obtener de la visita, siendo la principal la identificación de los distintos sectores del sistema de climatización, explicado previamente en clase. Del sector de producción, visitan el cuarto de calderas ubicado en el sótano, así como el cuarto de las enfriadoras, condensadas por aire, enterrado junto al acceso principal. Identifican las climatizadoras, que constituyen el sector de tratamiento y se reparten por todo el edificio, tanto en las propias salas a climatizar como en el sótano, donde se sorprenden con el gran tamaño de la correspondiente a la piscina. Ven cómo se realiza el transporte primario de agua caliente o fría que llega a las climatizadoras desde las calderas o las enfriadoras, aprecian in situ el gran tamaño de los conductos que transportan el aire a los espacios y, finalmente, descubren cómo se difunde el aire en ellos.

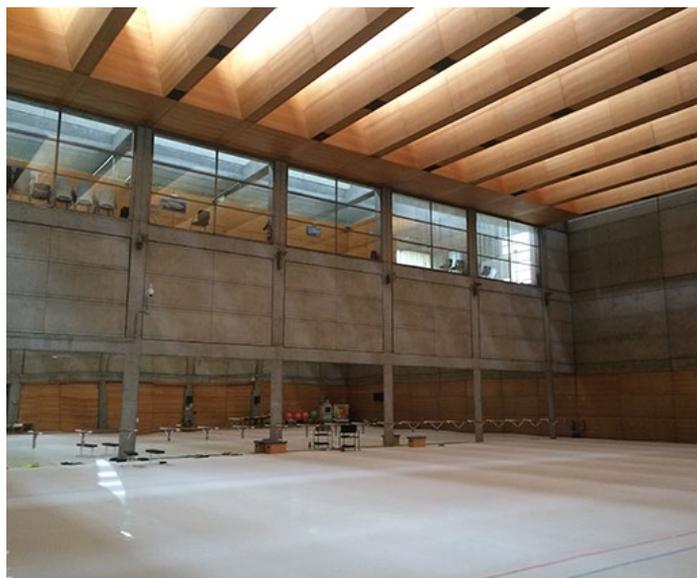


Fig. 7 y 8 Salas de competición (izquierda) y de gimnasia rítmica (derecha). Fuente: Autores

Observan que la difusión del aire se adapta al uso de las salas: así, tanto en las salas de lucha como en las de gimnasia deportiva, la impulsión se realiza desde el techo, con conductos circulares vistos. Por el contrario, en la sala de gimnasia rítmica, se impulsa el aire desde rejillas situadas en el suelo, para que no interfiera en la trayectoria de las cintas que las gimnastas lanzan hacia el techo en sus entrenamientos (Fig. 7 y 8).

También se aprovecha la visita para observar cuestiones relacionadas con la protección contra incendios, tratadas en el bloque precedente de la asignatura, como los locales de riesgo especial, los vestíbulos de independencia o la ubicación del aljibe que alimenta a las BIEs del edificio. La visita se realiza guiada por el arquitecto responsable del centro, que también les explica los errores cometidos en el diseño de las instalaciones y cómo se han subsanado. En el recorrido no se habla exclusivamente de instalaciones, sino que se plantean cuestiones constructivas o estructurales, fomentando en el alumnado una visión holística de la arquitectura (Fig. 9 y 10).

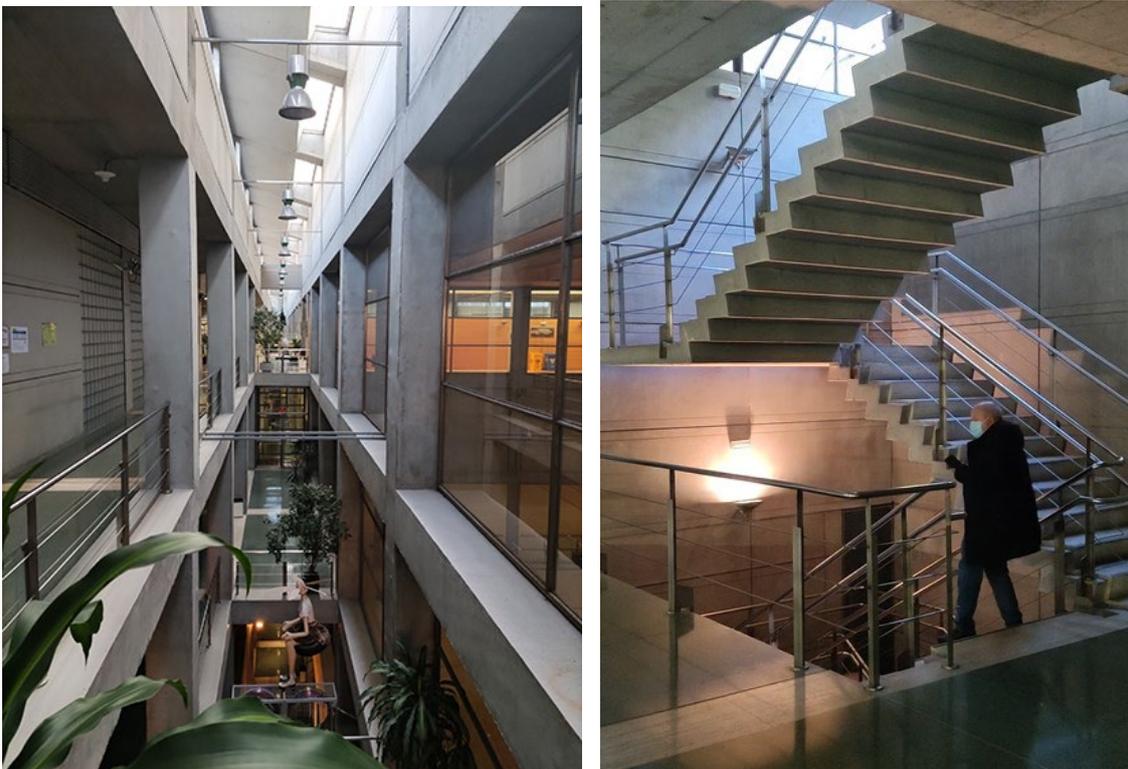


Fig. 9 y 10 Distribuidor (izquierda) y escalera principal (derecha). Fuente: Autores

## Trabajos preparatorios de la experiencia

Sin embargo, observamos que el aprendizaje no era completo y seguían existiendo algunas carencias después de la visita, que convenía solventar. Por esta razón se decidió elaborar un modelo virtual del edificio y sus instalaciones de climatización, para trabajar sobre él. El modelo en BIM fue brillantemente desarrollado por una alumna becaria de nuestro Departamento, entre junio y julio de 2023. El primer mes se modeló la arquitectura del edificio, a partir de planos de Autocad facilitados por la propiedad, y el segundo mes se realizó el modelado de las instalaciones de climatización (Fig. 11). Al no contar con planos “as built” de ellas, el Departamento aportó medios humanos y materiales para la realización de su levantamiento. Ello incluyó la realización de nubes de puntos a lo largo de varios días, que sirvieron de base para

una correcta definición y dibujo de las dimensiones de los conductos de instalaciones (Fig. 12 y 13).

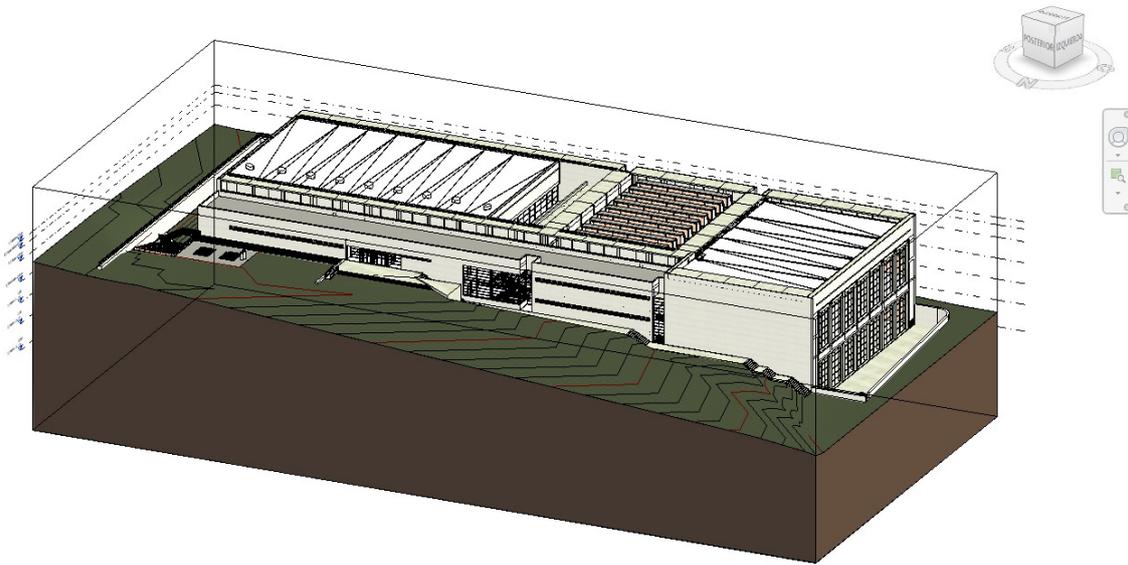


Fig. 11 Elaboración del modelo en BIM del edificio. Fuente: Autores

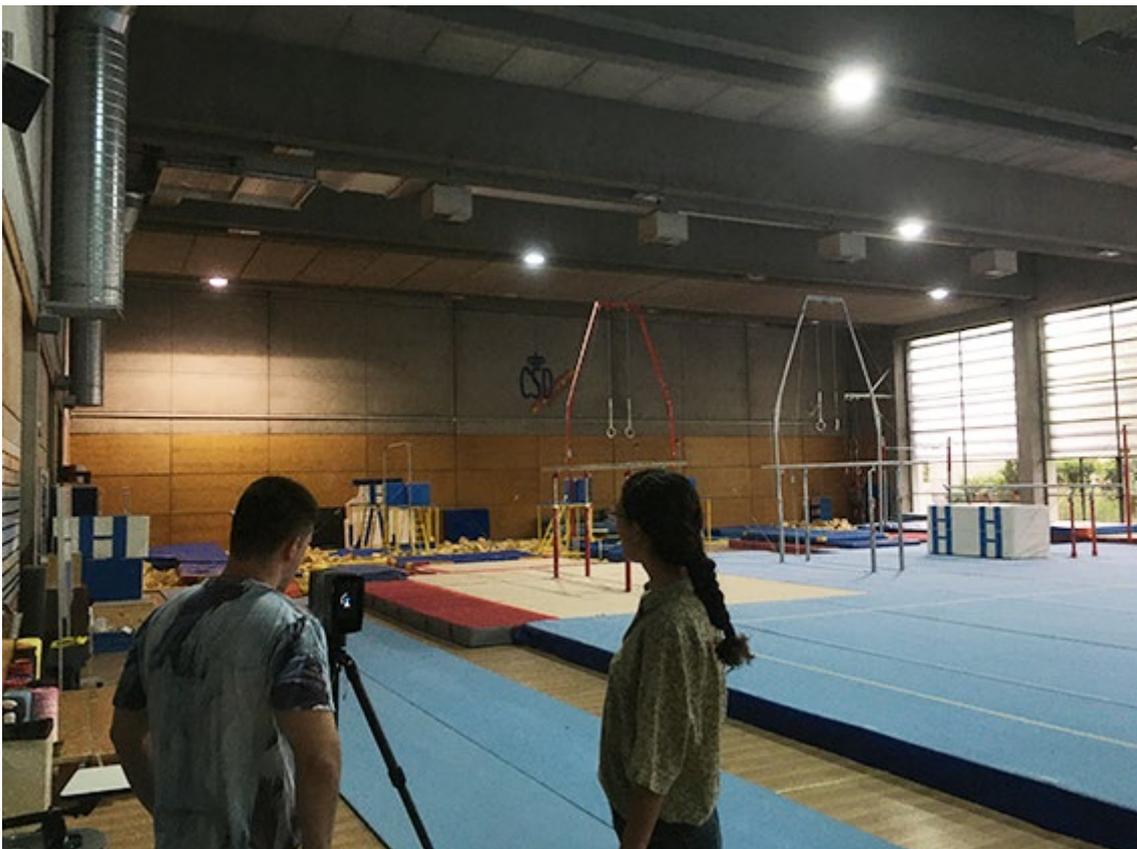


Fig. 12 Toma de datos en la sala de gimnasia deportiva, mediante nube de puntos, para el posterior modelado de las instalaciones del edificio. Fuente: Autores

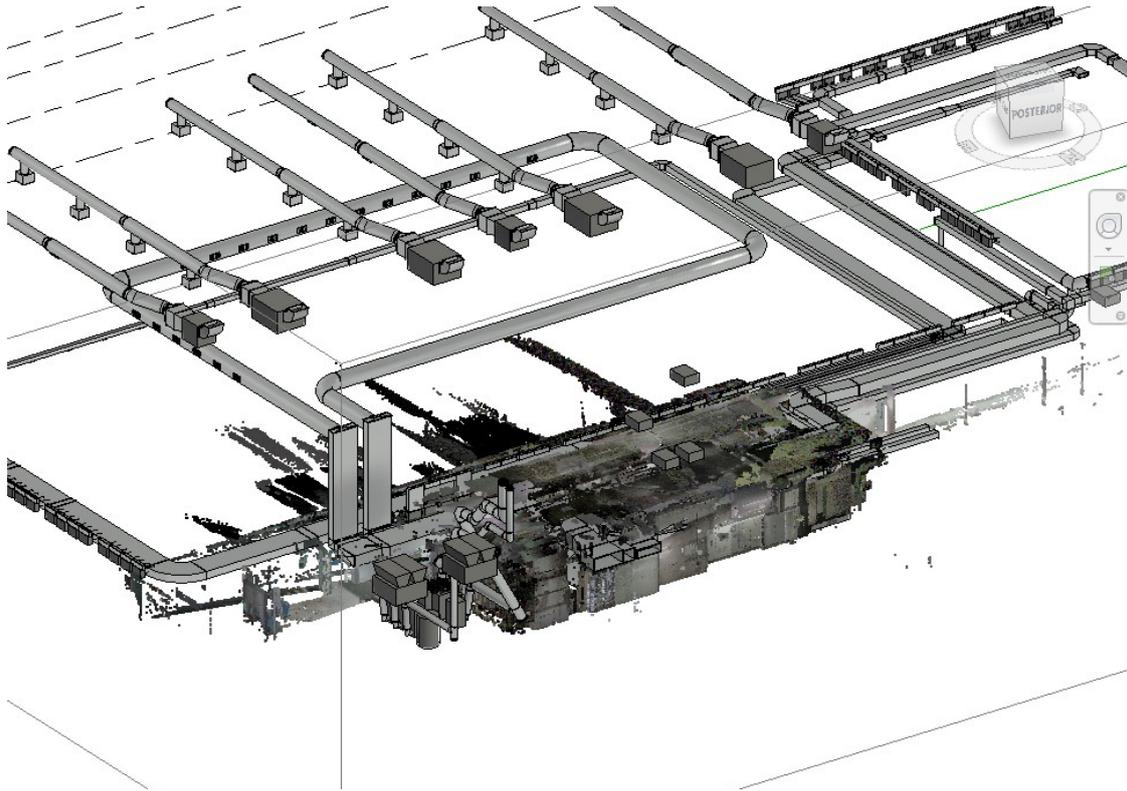


Fig. 13 Modelado de las instalaciones del edificio con ayuda de nubes de puntos. Fuente: Autores

Al mismo tiempo que se realizaba el modelo virtual del edificio, a petición de la Dirección de nuestro Departamento, la Escuela contrató los servicios de una empresa especializada en Realidad Aumentada y Virtual, y adquirió tablets y gafas para ser utilizadas de forma pionera con el modelo virtual del edificio objeto de estudio<sup>1</sup>. El modelo fue exportado en IFC a una plataforma especializada en modelos en BIM para su visualización tanto con las tablets, como con las gafas (Fig.14). Se barajaron distintas posibilidades de utilización, concluyéndose que lo más efectivo sería el uso de las tablets para la visita al edificio real enriquecida con realidad aumentada.

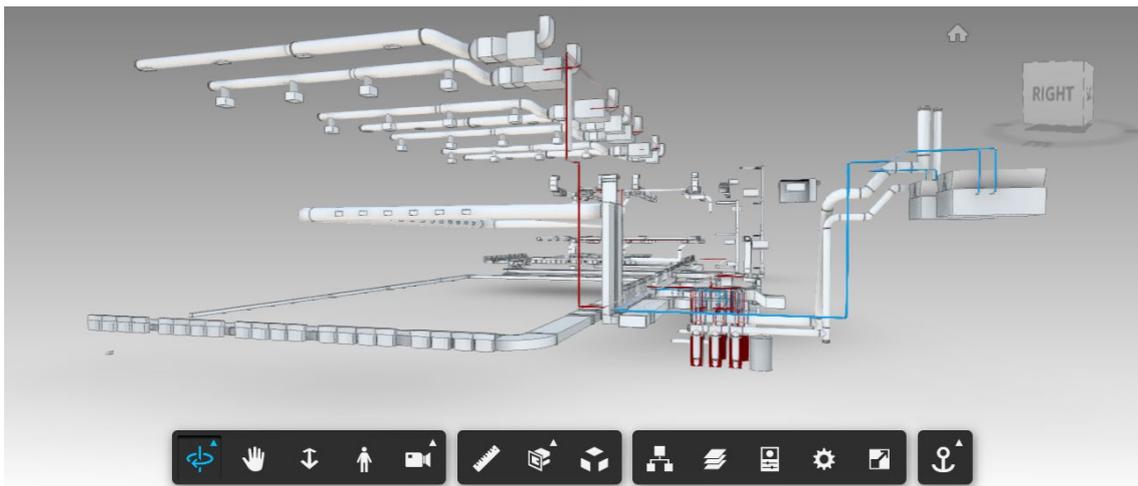


Fig. 14 Visualización del modelo de las instalaciones del edificio en la plataforma. Fuente: Autores

<sup>1</sup> 4 gafas Meta Quest Pro 256GBs y 4 iPads Pro 11 pulgadas y 128 GBs.

Existen múltiples experiencias en el ámbito de la docencia en arquitectura que utilizan la realidad virtual y aumentada. El uso de modelos 3D y realidad virtual inmersiva puede favorecer, a través del juego, la detección temprana de posibles errores de diseño o de interacciones entre arquitectura e instalaciones (Castronovo et al., 2019). El urbanismo es una materia propicia para la realidad aumentada (Redondo et al., 2012) (Carozza et al., 2014) pues, además de los beneficios intrínsecos para el alumnado, abre la puerta a su utilización en procesos participativos de los ciudadanos (Redondo et al., 2017) y, por tanto, a Proyectos de Aprendizaje y Servicio. Las potencialidades del M-learning (aprendizaje móvil) en trabajos de campo en tareas técnicas también han sido exploradas (De la Torre et al., 2013), siendo de interés en este caso el uso de tablets, de tamaño de pantalla más adecuado que el de los teléfonos móviles.

Otras experiencias plantean alternativas económicas al modelado 3D. En el caso de Buildings 360° (Sánchez-Aparicio et al., 2020), utilizada en la asignatura “Taller de visitas de obra” de la ETSAM, se realiza la captura de datos de edificios en distintas fases de construcción con cámaras 360° y, mediante un software creado para la ocasión, se generan entornos de realidad virtual que permiten viajar no solo a diferentes puntos de una obra, sino también a diferentes etapas de la misma. Esta experiencia, que hubo de ser implantada en la ETSAM durante el confinamiento por la pandemia provocada por el Covid 19 (Pinilla-Melo et al., 2020), ha tenido continuidad en años posteriores, ofreciendo una manera eficaz de acercarse al ejercicio profesional (Gómez et al., 2022).

## Realización de la experiencia

A lo largo del curso 2023-2024 se han realizado las dos visitas correspondientes a los dos semestres, una en el turno de mañana y otra en el de tarde, con grupos de unos 25 alumnos. La principal dificultad de la experiencia consiste en la necesidad de “anclar” el modelo virtual al real, en un punto seleccionado previamente. Se realizó un ensayo del anclaje en las semanas previas a la realización de la actividad pero, a pesar de ello, hubo problemas en la primera visita con los alumnos del semestre de otoño. (Fig. 15 y 16)

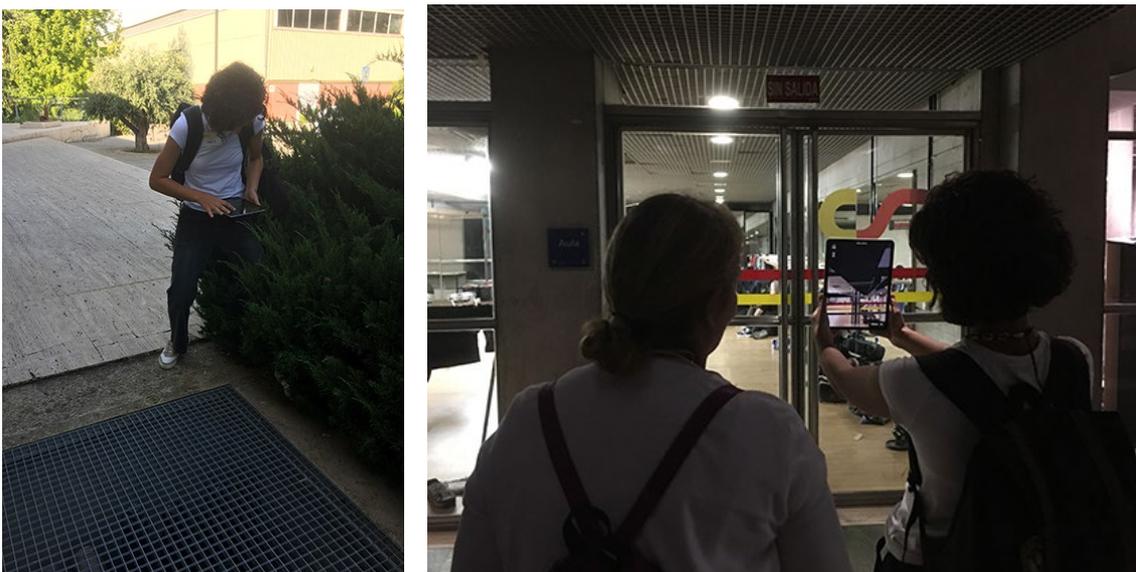


Fig. 15 y 16 Ensayo de anclaje del modelo junto al acceso al edificio y visualización en el interior. Fuente: Autores

En consecuencia, de las cuatro tablets disponibles, sólo dos funcionaron correctamente a lo largo de todo el recorrido. También hubo dificultades en la primera visita del semestre de primavera, cuando la plataforma donde se ubicaba el modelo no funcionó. Lo ajustado de los tiempos de la visita impidió su resolución en el momento y hubo que renunciar a realizar la primera parte de la experiencia. A los alumnos que sí han podido participar en la experiencia les ha resultado estimulante ver en las tablets los conductos que ocultan los falsos techos y, consecuentemente, comprender mejor las instalaciones del edificio (Fig. 17 y 18).

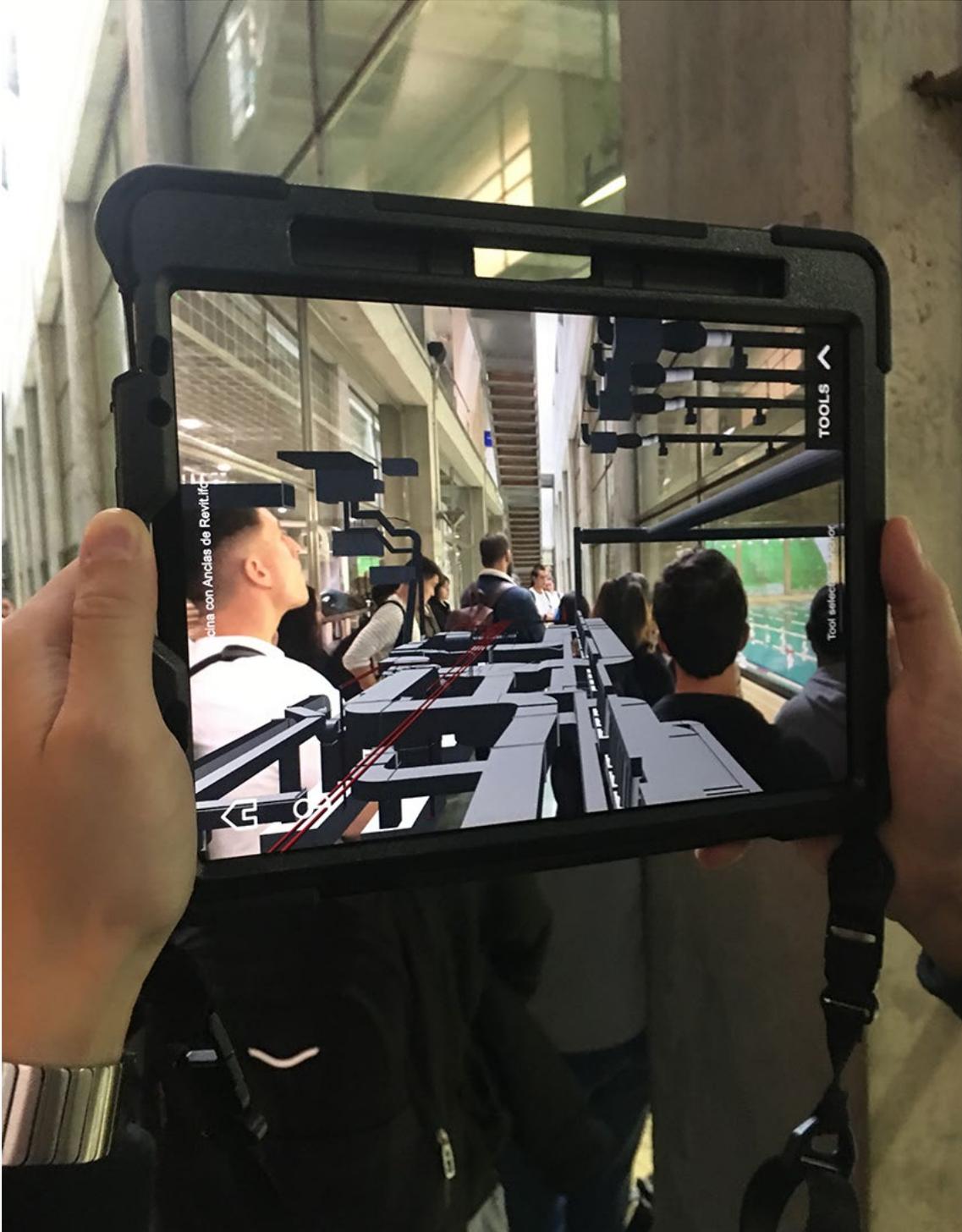


Fig. 17 Vista de la zona de la piscina con las tablets. Fuente: Autores



Fig. 18 Vista del “desfiladero” de instalaciones con las tablets. Fuente: Autores

Al día siguiente, ya en un aula equipada con ordenadores de la Escuela de Arquitectura, los alumnos se dividieron en grupos y se organizó una dinámica de clase, donde se trabajó de forma colaborativa sobre el modelo virtual, de manera que se afianzaron los conocimientos adquiridos en la visita real. En esta segunda jornada de la experiencia, la mayor dificultad también fue de orden operativo: al no poseer los alumnos las claves de acceso a la plataforma, los profesores tuvieron que introducirla en cada uno de los ordenadores que se utilizaron.

En la dinámica planteada en clase hubo una primera prueba<sup>2</sup> consistente en localizar en el modelo propuesto el sector de producción del edificio, es decir, los cuartos de calderas y enfriadoras. Los más rápidos en resolverla tuvieron como incentivo la posibilidad de escoger el espacio del edificio cuyas instalaciones de climatización querían estudiar en la segunda prueba. Tenían siete posibles opciones, siguiendo el orden de la visita: salas de lucha, gimnasia deportiva masculina, gimnasia deportiva femenina, gimnasia rítmica, musculación, piscina y vestíbulos.

Tras estudiar la parte elegida, los componentes de cada grupo la explicaron al resto de compañeros siguiendo la siguiente secuencia: ubicación de las climatizadoras (con su admisión y extracción de aire del exterior), conductos de impulsión y retorno y, finalmente, difusión de aire a los espacios. En general, comenzaron utilizando el modelo completo, que incluía arquitectura e instalaciones, para finalizar con el que representaba exclusivamente las instalaciones (Fig.14). Los profesores completaron la exposición de los alumnos con el dibujo en la pizarra del esquema de principio de toda la instalación (Fig. 19 y 20).

<sup>2</sup> Aunque se hable de pruebas, no han sido calificadas como tales; se evitan así los agravios comparativos con otros grupos donde no se ha realizado la experiencia.

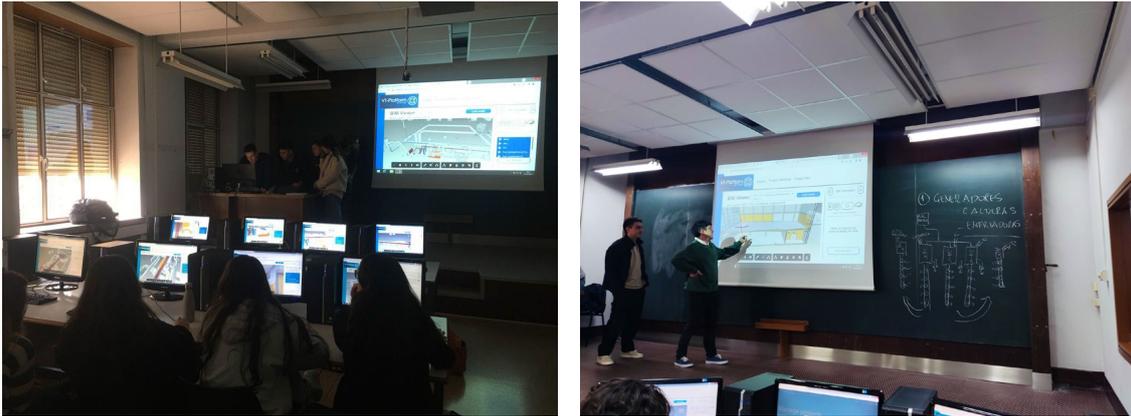


Fig. 19 y 20 Actividad en el aula. Fuente: Autores

En esa misma jornada se pidió una primera impresión de los alumnos en un diálogo informal en el aula, tanto sobre la experiencia global como sobre el acierto o no del orden utilizado. En general se consideró adecuado visitar primero el edificio y, posteriormente, estudiarlo en detalle sobre el modelo virtual.

## Resultados

Al finalizar el semestre se ha recabado la opinión de los alumnos sobre esta experiencia mediante encuestas abiertas, constatándose su satisfacción general. Ha habido, sin embargo, alguna opinión discordante sobre la utilidad de la segunda jornada de la actividad, así como quejas puntuales sobre la lentitud de la plataforma utilizada. Destacamos la siguiente respuesta, por ser exhaustiva en su análisis y por aportar el valor añadido de que el alumno ha hecho la visita dos veces (con y sin modelo 3D) y puede comparar las dos experiencias:

*“Las visitas al CAR en Ciudad Universitaria aportan mucho, es una buena excusa para ver arquitectura de calidad además de obtener una visión sobre el gran espacio que ocupan las instalaciones, sobre todo en un edificio deportivo (la arquitectura deportiva no se trata mucho en la universidad por lo que también tiene ese valor añadido). En mi caso he podido asistir a las visitas del CAR en dos ocasiones, la primera se realizó sin el apoyo del modelo de REVIT y la segunda sí que se realizó con este apoyo, y la diferencia fue notable.*

*El CAR es un edificio en el que las instalaciones tienden a ocultarse, por lo que poder visualizar todo su entramado en 3D durante la visita ayuda mucho. Además, el modelo permitía visualizarse en realidad aumentada con gran precisión, por lo que todo resultaba muy intuitivo, sobre todo comparado con la primera experiencia. La única pega que pondría es que únicamente se contaba con dos dispositivos para acceder al modelo, lo cual se hacía corto para todo el grupo; se podría organizar de manera que el alumnado pudiera acceder también a través de su dispositivo móvil, para no tener que depender únicamente de estos dos dispositivos.*

*El ejercicio del día posterior también ayuda mucho ya que permite visualizar el modelo con más calma y analizarlo en profundidad. En mi opinión, esto hace al alumnado ser consciente sobre el volumen que ocupan realmente las instalaciones en comparación con el edificio, algo que no se tiene en cuenta en los proyectos hasta que se llega a esta asignatura. Además, muchos de los conceptos sobre las instalaciones resultan muy confusos cuando se estudian las primeras veces, incluso hay personas que llegan a esta asignatura sin saber nada sobre el tema, por lo que tener*

*un modelo 3D del tendido de las instalaciones de un proyecto real ayuda a clarificar muchos conceptos y te permite resolver dudas.*

*En conclusión, las visitas a proyectos reales son un recurso didáctico muy útil que ayuda a consolidar conceptos de una manera entretenida y visual, sin embargo apenas se aprovechan en esta universidad, por lo que como alumno agradezco mucho este tipo de iniciativas. Además, su acompañamiento con este tipo de recursos infográficos las hacen más intuitivas, facilitando su comprensión, sobre todo cuando se tratan conceptos más técnicos como son las instalaciones”.*

Respecto al orden de realización de las jornadas, recogemos dos opiniones contrapuestas:

*“Creo que el orden en que hicimos las actividades fue el más correcto. Al haber visitado el Centro de Alto Rendimiento primero, al día siguiente fue mucho más fácil entender el modelo 3D. De haberlo hecho al revés, la actividad de identificar los circuitos de climatización en cada sala habría sido un lío de tubos tremendo. Ver primero el sitio y cómo son las máquinas reales me resultó útil”.*

*“A mi personalmente, la visita al Centro me pareció muy útil para entender mejor la distribución y el tamaño de las instalaciones. Manejando el modelo de REVIT al día siguiente en clase diría que es de lo que más he aprendido, ya que fue cuando me quedó claro por primera vez cómo es el funcionamiento global de una climatización. No sé si, a lo mejor, sería más efectivo cambiarles el orden, primero entender el modelo en clase y luego la visita”.*

Para los docentes implicados el grado de satisfacción con la experiencia es alto, si bien la implantación en el resto de grupos de la asignatura plantea retos técnicos que están todavía pendientes de resolución. En este sentido, la necesidad de acceso con clave a la plataforma, únicamente reservado al profesor, dificulta el manejo autónomo del modelo por parte del alumnado, más allá de los horarios establecidos para ello. Por otro lado, si se alojara el modelo en un laboratorio virtual, permitiría una mayor difusión entre la comunidad universitaria.

A partir de aquí, el siguiente paso consistiría en sistematizar la utilización de este modelo virtual en la asignatura, mediante la elaboración de un protocolo que permitiera introducir en él preguntas a responder por los alumnos o, si fuera posible, localizar elementos y, una vez en ellos, formular las preguntas pertinentes.

En cuanto a la propuesta docente global de la asignatura, el TFG citado previamente (Aguiriano, 2024) es un desarrollo de la misma. El trabajo, que obtuvo una calificación de sobresaliente (9,0), resultó muy bien valorado por los tutores del aula TFG donde se desarrolló. El hecho de que la mayoría sean del área de Composición Arquitectónica, pone de manifiesto el interés que puede suscitar dar un enfoque arquitectónico al tema de las instalaciones.

## **Conclusiones**

La experiencia presentada en este texto no pretende sustituir la docencia tradicional, sino que se concibe como un refuerzo a ella, lográndose el aumento del interés por parte del alumnado y la mejor comprensión de la climatización a la hora de abordar sus proyectos.

Por los testimonios recogidos y por la propia percepción de los profesores implicados, se puede afirmar que el uso de realidad virtual y aumentada es un complemento ideal a la visita que se realiza cada semestre al edificio público deportivo. Si desglosamos la experiencia en las dos jornadas de que consta, parece que donde realmente se produce un aprendizaje significativo es

en la segunda, afianzando los conocimientos al estudiar las instalaciones en un modelo virtual. La primera jornada es, indudablemente, interesante. Fomenta la curiosidad del alumnado y permite hacer una primera aproximación al trazado de las instalaciones, en muchos casos oculto. Pero, para que fuera más efectiva, sería necesario multiplicar el número de dispositivos (quizás las propias tablets que la mayoría del alumnado lleva habitualmente a clase) y facilitar el anclaje del edificio virtual al real.

Por otro lado, el estudio de las instalaciones en modelos virtuales de edificios existentes de la máxima calidad arquitectónica se revela como un poderoso instrumento docente, pues fomenta la transversalidad de las materias a tratar.

Así, más allá de lo innovador de esta propuesta, las encuestas de satisfacción del alumnado realizadas por la Universidad cada semestre reflejan la asimilación de la visión holística de la arquitectura que se quiere transmitir. Una visión que los alumnos de quinto curso, a punto de finalizar sus estudios de Grado, agradecen.

## **Agradecimientos**

A Jesús del Barrio, arquitecto Jefe de Área de Arquitectura Deportiva del Consejo Superior de Deportes, que durante estos últimos años nos ha enseñado el Centro de Alto Rendimiento Deportivo, dándonos todo tipo de facilidades para la realización de esta experiencia.

A Soledad García Morales, Directora del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM, que fue la impulsora de esta experiencia.

A Luis Javier Sánchez-Aparicio, por la gran ayuda prestada con la realización de las nubes de puntos, que fueron fundamentales para el modelado de las instalaciones del edificio.

A la Dirección de la ETSAM, específicamente a Francisco Padial, por todo el apoyo material y logístico ofrecido.

## Bibliografía

- Aguilera Reija, Pedro. 2022. *Banco de Bilbao. Las instalaciones del edificio y su integración arquitectónica por F.J. Sáenz de Oíza*. Video 1:32:21 <https://www.youtube.com/watch?v=qHR5VH4pK4M>
- Aguiriano del Castillo, Pedro. 2024. *¿Vasallas o señoras? Las instalaciones en Campo Baeza y Perea*. Trabajo Fin de Grado. E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://oa.upm.es/80270/>
- Agulló de Rueda, José, José Jurado Egea, Óscar Liébana Carrasco y Beatriz Inglés Gosalbez. 2016. «Marco de implantación de metodología BIM en titulación de Arquitectura». En: Fuentes Giner, María Begoña e Inmaculada Oliver Faubel. *EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM/ 5º Encuentro de Usuarios BIM*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 81-91. <https://riunet.upv.es/handle/10251/64633>
- Assiego de Larriva, Rafael, y Nazaret Rodríguez Ruiz. 2020. «I Concurso de fotografía de ventilación y climatización: Una experiencia en Instagram». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *VIII Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'20), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga, 12 y 13 de Noviembre de 2020: libro de actas*. Barcelona: UPC IDP; GILDA; UMA editorial, 956-966. <https://doi.org/10.5821/jida.2020.9446>
- AA. VV. 1998. *XII Premios 1997 de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública, Ayuntamiento de Madrid*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid.
- Carozza, Ludovico, David Tingdahl, Frédéric Bosché y Luc van Gool. 2014. «Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning». *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, nº 29: 2-17. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2012.00798.x>
- Castronovo, Fadi., Dragana Nikolic, Silvia Mastrolembo Ventura, Reza Akhavian, Cristian Gaedicke y Semih Yilmaz. 2019. «Design and Development of a Virtual Reality Educational Game for Architectural and Construction Reviews» en *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Tampa, 18 junio 2019. <https://monolith.asee.org/public/conferences/140/papers/24588/view>
- De la Torre, Jorge, Norena Martín-Dorta, José Luis Saorín Pérez, Carlos Carbonell Carrera y Manuel Contero González. 2013. «Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional». *RED, Revista de Educación a Distancia*, nº 37: 1-17. <http://www.um.es/ead/red/37>
- Gallego Sánchez-Torija, Jorge, Jesús García Herrero y César Bedoya Frutos. 2021. «El aprendizaje basado en retos frente a la enseñanza tradicional de las instalaciones en Arquitectura». *Innovación educativa*, nº 31 (diciembre): 1-15. <https://doi.org/10.15304/ie.31.7635>
- Gallego Sánchez-Torija, Jorge (coord.). 2022. *Máquinas de habitar: Hacer arquitectura con las instalaciones*. Madrid: Ediciones Asimétricas.
- García-Asenjo Llana, David. 2023. «Las otras materias de la arquitectura: La mirada a los aspectos termodinámicos desde la enseñanza». *VAD. Veredes, Arquitectura y divulgación*, nº 10 (diciembre): 68-82. <https://veredes.es/vad/index.php/vad/article/view/D-Garcia-Asenjo-materias-arquitectura-termodinamicos-ensenanza>
- Giménez Molina, María del Carmen, Manuel Rodríguez Pérez y Marlix Pérez González. 2018. «Concurso de fotografía y vídeo. Una experiencia en la ETSAM-UPM». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *VI Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'18), Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza, 22 y 23 de Noviembre de 2018: libro de actas*. Barcelona: UPC IDP; GILDA; UMA editorial, 273-285. <https://doi.org/10.5821/jida.2018.5512>
- Gómez Muñoz, Gloria, Luis Javier Sánchez Aparicio, Jaime Armengot Paradinas y Carmen Sánchez-Guevara Sánchez. 2022. «Acercamiento al ejercicio profesional a través de visitas a obras de arquitectura y entornos inmersivos». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *X Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'22), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Reus, 17 y 18 de Noviembre de 2022: libro de actas*. Barcelona: UPC.IDP; GILDA, 22-32. <https://doi.org/10.5821/jida.2022.11506>

León-Cascante, Iñigo, Eneko Jokin Uranga-Santamaria, Itziar Rodríguez-Oyarbide, and Aniceto Alberdi-Sarraoa. 2021. «Implementación de la Metodología BIM en el Grado en Fundamentos de Arquitectura». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *IX Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'21), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, 11 y 12 de Noviembre de 2021: libro de actas*. Barcelona: UPC.IDP; GILDA, 476-490. <https://doi.org/10.5821/jida.2021.10571>

Martín Gómez, César. 2009. *El aire acondicionado como factor de diseño en la arquitectura española: energía materializada*. Tesis doctoral. Escuela de Arquitectura (Universidad de Navarra). <https://dadun.unav.edu/handle/10171/37045>

Pinilla-Melo, Javier, José-Ramón Aira, Lorenzo Olivieri, y Maria del Mar Barbero-Barrera. 2020. «Taller de Visitas de Obra, modo virtual por suspensión de docencia presencial». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *VIII Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'20), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga, 12 y 13 de Noviembre de 2020: libro de actas*. Barcelona: UPC.IDP; GILDA; UMA editorial, 273-285. <https://doi.org/10.5821/jida.2020.9345>

Redondo Domínguez, Ernesto, Alberto Sánchez Riera, y Joaquim Moya Sala. 2012. «La ciudad como aula digital: enseñando urbanismo y arquitectura mediante Mobile Learning y la realidad aumentada: un estudio de viabilidad y de caso». *ACE: Architecture, City and Environment* 7 (19) (Junio): 27–54. <https://doi.org/10.5821/ace.v7i19.2560>

Redondo Domínguez, Ernesto, David Fonseca Escudero, Alberto Sanchez Riera e Isidro Navarro Delgado. 2017. «Educating Urban Designers using Augmented Reality and Mobile Learning Technologies / Formación de Urbanistas usando Realidad Aumentada y Tecnologías de Aprendizaje Móvil». *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 20 (2): 141-165. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/109633>

Sánchez-Aparicio, Luis Javier, Maria del Carmen Sánchez-Guevara Sánchez, Jorge Gallego Sánchez-Torija, y Francesca Olivieri. 2020. «Buildings 360º: Un nuevo enfoque para la enseñanza en construcción». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *VIII Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'20), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga, 12 y 13 de Noviembre de 2020: libro de actas*. Barcelona: UPC.IDP; GILDA; UMA editorial, 162-174. <https://doi.org/10.5821/jida.2020.9333>

Uranga Santamaria, Eneko Jokin, Iñigo Leon Cascante, Leire Azcona Uribe, e Itziar Rodriguez Oyarbide. 2022. «BIM en el Grado en Fundamentos de Arquitectura: Encuestas y resultados 2018-2021». En: García Escudero, Daniel y Berta Bardí Milà (eds.). *X Jornadas sobre innovación docente en arquitectura (JIDA'22), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Reus, 17 y 18 de Noviembre de 2022: libro de actas*. Barcelona: UPC.IDP; GILDA, 172-192. <https://doi.org/10.5821/jida.2022.11546>