

JIDA'25
INTERNACIONALES

XIII JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'25

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'25

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA Y
EDIFICACIÓN DE CARTAGENA (ETSAE-UPCT)

13 Y 14 DE NOVIEMBRE DE 2025



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

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

*El Congreso (22893/OC/25) ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor, a través de la **Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia** (<http://www.fseneca.es>) con cargo al Programa Regional de Movilidad, Colaboración internacional e Intercambio de Conocimiento “Jiménez de la Espada” en el marco de la convocatoria de ayudas a la organización de congresos y reuniones científico-técnicas (plan de actuación 2025).*

Editores

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

Edita

Iniciativa Digital Politècnica, Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

ISBN 979-13-87613-89-1 (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/licences/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.

La inclusión de imágenes y gráficos provenientes de fuentes distintas al autor de la ponencia, están realizadas a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico; siempre indicando su fuente y, si se dispone de él, el nombre del autor.

Comité Organizador JIDA'25

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

Pedro García Martínez (ETSAE-UPCT)

Dr. Arquitecto, Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación.
Área de Proyectos Arquitectónicos

Pedro Jiménez Vicario (ETSAE-UPCT)

Dr. Arquitecto, Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación. Área de
Expresión Gráfica Arquitectónica

Joan Moreno Sanz (UPC)

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

David Navarro Moreno (ETSAE-UPCT)

Dr. Ingeniero de Edificación, Departamento de Arquitectura y Tecnología de la
Edificación. Área de Construcciones Arquitectónicas

Raffaele Pérez (ETSAE-UPCT)

Dr. Arquitecto. Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación. Personal
Técnico de Administración y Servicios

Manuel Alejandro Ródenas López (ETSAE-UPCT)

Dr. Arquitecto. Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación. Área de
Expresión Gráfica Arquitectónica

Judit Taberna Torres (UPC)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Coordinación

Alba Arboix Alió (UB)

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

Comité Científico JIDA'25

Francisco Javier Abarca Álvarez

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

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Lara Alcaina Pozo

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

Alberto Álvarez Agea

Dr. Arquitecto, Expresión Gráfica Arquitectónica, EIF-URJC

Irma Arribas Pérez

Dra. Arquitecta, Diseño, IED

Raimundo Bambó Naya

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

Macarena Paz Barrientos Díaz

Dra. Arquitecta, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

Teresita Paz Bustamante Bustamante

Arquitecta, Magister en Arquitectura del Paisaje, Universidad San Sebastián, sede Valdivia, Chile

Belén Butragueño Díaz-Guerra

Dra. Arquitecta, CAPPA, UTA, School of Architecture, USA

Francisco Javier Castellano-Pulido

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, eAM'-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, sede Concepción, Chile

Rafael Córdoba Hernández

Dr. Arquitecto, Urbanística y Ordenación del Territorio, ETSAM-UPM

Rafael de Lacour Jiménez

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSAG-UGR

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Débora Domingo Calabuig

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Jose María Echarte Ramos

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

Elena Escudero López

Dra. Arquitecta, Urbanística y Ordenación del Territorio, Escuela de Arquitectura - UAH

Antonio Estepa Rubio

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

Maritza Carolina Fonseca Alvarado

Dra.(c) en Desarrollo Sostenible, Arquitecta, Universidad San Sebastián, sede De la Patagonia, Chile

Arturo Frediani Sarfati

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-URV

David García-Asenjo Llana

Dr. Arquitecto, Composición Arquitectónica, EIF-URJC

Sergio García-Pérez

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

Arianna Guardiola Villora

Dra. Arquitecta, Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSA-UPV

Ula Iruretagoiena Busturia

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA UPV/EHU

Ana Eugenia Jara Venegas

Arquitecta, Universidad San Sebastián, sede Concepción, Chile

Laura Jeschke

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

José M^a Jové Sandoval

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

Juan Carlos Lobato Valdespino

Dr. Arquitecto, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Emma López Bahut

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

Ignacio Javier Loyola Lizama

Arquitecto, Máster Estudios Avanzados, Universidad Católica del Maule, Chile

Íñigo Lizundia Uranga

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA UPV/EHU

Carlos Marmolejo Duarte

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

Raquel Martínez Gutiérrez

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

Ana Patricia Minguito García

Arquitecta, Composición Arquitectónica, ETSAM-UPM

María Pura Moreno Moreno

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

Isidro Navarro Delgado

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Olatz Ocerin Ibáñez

Arquitecta, Dra. en Filosofía, Construcciones Arquitectónicas, ETSA UPV/EHU

Ana Belén Onecha Pérez

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

Daniel Ovalle Costal

Arquitecto, The Bartlett School of Architecture, UCL

Iñigo Peñalba Arribas

Dr. Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSA UPV/EHU

Oriol Pons Valladares

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

Antonio S. Río Vázquez

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

Carlos Rodríguez Fernández

Dr. Arquitecto, Composición Arquitectónica, ETSAVA-Uva

Emilia Román López

Dra. Arquitecta, Urbanística y Ordenación del Territorio, ETSAM-UPM

Irene Ros Martín

Dra. Arquitecta Técnica e Ingeniera de Edificación, Construcciones Arquitectónicas, EIF-URJC

Borja Ruiz-Apiláñez Corrochano

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

Mara Sánchez Llorens

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Mario Sangalli

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA UPV/EHU

Marta Serra Permanyer

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

Koldo Telleria Andueza

Dr. Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, ETSA UPV/EHU

Ramon Torres Herrera

Dr. Físico, Departamento de Física, ETSAB-UPC

Francesc Valls Dalmau

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

José Vela Castillo

Dr. Arquitecto, IE School of Architecture and Design, IE University, Segovia and Madrid

Ferran Ventura Blanch

Dr. Arquitecto, Arte y Arquitectura, eAM'-UMA

Ignacio Vicente-Sandoval González

Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, EIF-URJC

Isabel Zaragoza

Dra. Arquitecta, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

ÍNDICE

1. **La integración del Análisis del Ciclo de Vida en la enseñanza proyectual transversal. *The integration of Life Cycle Assessment into cross-disciplinary project design teaching.*** Rey-Álvarez, Belén.
2. **El dibujo a línea como proceso iterativo en el proyecto de arquitectura. *Line drawing as an iterative process in architectural design.*** Rodríguez-Aguilera, Ana Isabel; Infantes-Pérez, Alejandro; Muñoz-Godino, Javier.
3. **Graphic references: collaborative dynamics for learning architectural communication. *Referentes gráficos: dinámicas colaborativas para aprender a comunicar la arquitectura.*** Roca-Musach, Marc.
4. **Viviendas resilientes: estrategias evolutivas frente al cambio y la incertidumbre. *Resilient housing: evolutionary strategies in the face of change and uncertainty.*** Breton, Fèlix.
5. **Atravesar el plano: aprender arquitectura desde la performatividad. *Crossing the Plane: Learning Architecture through Performativity.*** Machado-Penso, María Verónica.
6. **Transferencias gráficas: procesos mixtos de análisis arquitectónico. *Graphic transfers: mixed processes of architectural analysis.*** Prieto Castro, Salvador; Mena Vega, Pedro.
7. **Digitalización en la enseñanza de arquitectura: aprendizaje activo, reflexión y colaboración con herramientas digitales. *Digitalizing architectural education: active learning, reflection, and collaboration with digital tools.*** Ramos-Martín, M.; García-Ríos, I.; González-Uriel, A.; Aliberti, L.
8. **Aprendizaje activo en asignaturas tecnológicas de máster a través del diseño integrado. *Active learning in technological subjects of master through integrated design.*** Pérez-Egea, Adolfo; Vázquez-Arenas, Gemma.
9. **Narrativas: una herramienta para el diseño de visualizaciones emancipadas de la vivienda. *Storytelling: a tool for designing emancipated housing visualizations.*** López-Ujaque, José Manuel; Navarro-Jover, Luis.
10. **La Emblemática como género y herramienta para la investigación. *The Emblematic as a genre and tool for research.*** Trovato, Graziella.
11. **Exponer para investigar: revisión crítica de un caso de la Escuela de Valparaíso [1982]. *Research by Exhibiting: A Critical Review of a case of the Valparaíso School [1982].*** Coutand-Talarico, Olivia.
12. **Investigación y desarrollo de proyectos arquitectónicos a través de entornos inmersivos. *Research and development of architectural projects through immersive environments.*** Ortiz Martínez de Carnero, Rafael.
13. **Pedagogía de la biodiversidad en Arquitectura: aprender a cohabitar con lo vivo. *Biodiversity Pedagogy in Architecture: Learning to Cohabit with the Living.*** Luque-García, Eva; Fernández-Valderrama, Luz.
14. **Du connu à l'inconnu: aprendiendo Geometría Descriptiva a través del diseño. *Du connu à l'inconnu: Learning Descriptive Geometry by the design.*** Moya-Olmedo, Pilar; Núñez-González, María.
15. **Aprender dibujo a través del patrimonio sevillano: una experiencia de diseño. *Learning Drawing through Sevillian Heritage: A Design-Based Experience.*** Núñez-González, María; Moya-Olmedo, Pilar.

16. **Diseño participativo para el Bienestar Social: experiencias para la innovación educativa.** *Participatory Design for Social Well-Being: Experiences for Educational Innovation.* Esmerado Martí, Anaïs; Martínez-Marcos, Amaya.
17. **Research by Design y Crisis Migratoria en Canarias: contra-cartografía y contra-diseño.** *RbD and Migration Crisis in the Canary Islands: Counter-cartography & Counter-design.* Cano-Ciborro, Víctor.
18. **Post-Occupancy Representation: Drawing Buildings in Use for Adaptive Architecture.** *Representación post-ocupacional: dibujar edificios en uso para una arquitectura adaptativa.* Cantero-Vinuesa, Antonio; Corbo, Stefano.
19. **Barrios habitables: reflexionando sobre la vivienda pública en poblaciones rurales vascas.** *Livable neighborhoods: reflecting on public housing in basque countryside villages.* Collantes Gabella, Ezequiel; Díez Oronoz, Aritz; Sagarna Aramburu, Ainara.
20. **Tentativa de agotamiento de un edificio.** *An attempt at exhausting a building.* González-Jiménez, Beatriz S.; Enia, Marco; Gil-Donoso, Eva.
21. **Antropometrías dibujadas: una aproximación gráfica a cuerpo, objeto y espacio interconectados.** *Drawn anthropometries: a graphic approach to the interconnected body, object and space.* De Jorge-Huertas Virginia; López Rodríguez, Begoña; Zarza-Arribas, Alba.
22. **Apropiaciones: una metodología para proyectar mediante fragmentos gráficos y materiales.** *Appropriations: a methodology for designing through graphic fragments and materials.* Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar.
23. **Arquitectura en la coproducción ecosistémica, desafío disciplinar y didáctica proyectual.** *Architecture in ecosystemic co-production, disciplinary challenge and design didactics.* Reyes-Busch, Marcelo; Saavedra-Valenzuela, Ignacio; Vodanovic-Undurraga, Drago.
24. **Turism_igration: Infraesculturas para una espacialidad compartida.** *Turism_igration: Infrasculptures for a shared spatiality.* Vallespín-Toro, Nuria.
25. **Pedagogías nómadas: arquitectura como experiencia vivencial en viajes y talleres interdisciplinarios.** *Nomadic Pedagogies: Architecture as a Lived Experience in Travel and Interdisciplinary Workshops.* Galleguillos-Negroni, Valentina; Mazzarini-Watts, Piero; Mackenney-Poblete, Óscar; Ulriksen-Ojeda, Karen.
26. **Abstracción y materia: Investigación proyectual a partir de arquitectura de fortificación.** *Abstraction and matter: Design-Based research from fortification architecture.* Chandía- Arriagada, Valentina; Prado-Lamas, Tomás.
27. **Estudio de caso y Research by Design en historia y teoría de arquitectura, diseño y artes.** *Case Study and Research by Design in History and Theory of Architecture, Design and Arts.* Monard-Arciniegas, Shayarina; Ortiz-Sánchez, Ivonne.
28. **Cartografías y procesos: acciones creativas para la enseñanza de Proyectos Arquitectónicos.** *Cartographies and Processes: Creative Approaches to Teaching the Architectural Design.* Canterla Rufino, María del Pilar; Fernández-Trucios, Sara; García García, Tomás.
29. **Cajón de sastre: una metodología de análisis proyectual.** *Grab bag: a methodology for project analysis.* Muñoz-Calderón, José Manuel; Aquino-Cavero, María Carolina.
30. **Miradas cruzadas: estudio de casos sobre hábitat colectivo como método de investigación.** *Crossed perspectives: case studies on collective habitat as a research method.* Sentieri-Omarrementeria, Carla; van den Heuvel, Dirk; Mann, Eytan.

31. **Espacio Sentido: exploraciones perceptuales con envolventes dinámicas.**
Perceived Space: Sensory Explorations through Dynamic Envelopes. Aguayo-Muñoz, Amaro Antonio; Alvarez-Delgadillo, Anny Cárolay; Cruz-Cuentas, Ricardo Luis; Villanueva-Paredes, Karen Soledad.
32. **Taller de celosías. Truss workshop.** Llorente Álvarez, Alfredo; Arias Madero, Javier.
33. **SPACE STORIES: sistematización del proyecto a través de la experimentación gráfica. SPACE STORIES: systematization of the project through graphic experimentation.** Pérez-Tembleque, Laura; Barahona-García, Miguel.
34. **LEÑO: taller de construcción en grupo tras un análisis de indicadores de la enseñanza. LEÑO: group construction workshop following an analysis of teaching indicators.** Santalla-Blanco, Luis Manuel.
35. **Dibujar para construir; dibujar para proyectar: una metodología integrada en la enseñanza del dibujo arquitectónico. Drawing to Build; Drawing to Design: An Integrated Methodology in Architectural Drawing Education.** Girón Sierra, F.J.; Landínez González-Valcárcel, D.; Ramos Martín, M.
36. **Insectario: estructuras artrópodos para un diseño morfogenético interespecie. Insectario: Arthropod Structures for a Morphogenetic Interespecies Design.** Salvatierra-Meza, Belén.
37. **Del análisis al aprendizaje: investigación a través de estructuras de acero reales. From analysis to learning: research through real steel structures.** Calabuig-Soler, Mariano; Parra, Carlos; Martínez-Conesa, Eusebio José; Miñano-Belmonte, Isabel de la Paz.
38. **Hashtag Mnemosyne: una herramienta para el aprendizaje relacional de la Historia del Arte. Hashtag Mnemosyne: A tool for relational learning of Art History.** García-García, Alejandro.
39. **Investigación material para el diseño: desde lo virtual a lo físico y de regreso. Material research for design: moving from virtual to physical and back.** Muñoz-Díaz, Cristian; Opazo-Castro, Victoria; Albayay-Tapia, María Ignacia.
40. **Más allá del objeto: análisis y pensamiento crítico para el diseño de interiores. Beyond the Object: Analysis and Critical Thinking for Interior Design.** Gilabert-Sansalvador, Laura; Hernández-Navarro, Yolanda; García-Soriano, Lidia.
41. **Prospección del paisaje como referencia del proyecto arquitectónico. Landscape prospection as a reference for the architectural project.** Arcaraz Puntonet, Jon.
42. **Lo importante es participar: urbanismo ecosocial con los pies en el barrio. The important thing is to participate: neighbourhood-based eco-social urbanism.** López-Medina, Jose María; Díaz García, Vicente Javier.
43. **Arquitectura post-humana: crea tu bestia “exquisita” y diseña su hogar. Post-human architecture: create your “exquisite” beast and design its home.** Vallespín-Toro, Nuria; Servando-Carrillo, Rubén; Cano-Ciborro, Víctor; Gutiérrez- Rodríguez, Orlando.
44. **Proyectar desde el tren: un proyecto colaborativo interuniversitario en el Eixo Atlántico. Desing from the train: a collaborative inter-university Project in the Eixo Atlántico.** Sabín-Díaz, Patricia; Blanco-Lorenzo, Enirque M.; Fuertes-Dopico, Oscar; García-Requejo, Zaida.
45. **Reensamblar el pasado: un archivo abierto e interseccional. Reassembling the Past: An Open Intersectional Archive.** Lacomba-Montes, Paula; Campos-Uribe, Alejandro; Martínez-Millana, Elena; van den Heuvel, Dirk.

46. **Reflexiones sobre el umbral arquitectónico según un enfoque RbD. *Reflections on the architectural threshold according to an RbD approach.*** Pirina, Claudia; Ramos-Jular, Jorge; Ruiz-Iñigo, Miriam.
47. **Disfraces y fiestas: proyectar desde el juego, la representación y el pensamiento crítico. *Costumes & parties: designing through play, representation, and critical thinking.*** Montoro Coso, Ricardo; Sonntag, Franca Alexandra.
48. **Entrenar la mirada: una experiencia COIL entre arquitectura y diseño de moda. *Training the eye: a COIL experience between Architecture and Fashion Design.*** García-Requejo, Zaida; Sabín-Díaz, Patricia; Blanco-Lorenzo, Enrique M.
49. **Research by Design en arquitectura: criterios, taxonomía y validación científica. *Research by Design in Architecture: Criteria, Taxonomy and Scientific Validation.*** Sádaba, Juan; Arratibel, Álvaro.
50. **Explorando la materia: aprendiendo a pensar con las manos. *Exploring matter: Learning to think with the hands.*** Alba-Dorado, María Isabel; Andrade-Marques, María José; Sánchez-De la Chica, Juan Manuel; Del Castillo-Armas, Carla.
51. **Las Lagunas de Rabasa: un lugar; dos cursos; una experiencia docente de investigación. *The Rabasa Lagoons: one site, two courses, a research-based teaching experience.*** Castro-Domínguez, Juan Carlos.
52. **Living Labs as tools and places for RbD in Sustainability: transformative education in Architecture. *Living Labs como herramientas y lugares para la RbD en Sostenibilidad: educación transformadora en Arquitectura.*** Masseck, Torsten.
53. **Propuesta (in)docente: repensar la sostenibilidad en arquitectura desde el cuidado. *(Un)teaching Proposal: Rethinking Sustainability in Architecture through care.*** Amoroso, Serafina; Hornillos-Cárdenas, Ignacio; Fernández-Nieto, María Antonia.
54. **Teoría y praxis en proyectos: una metodología basada en la fenomenología del espacio. *Theory and Praxis in Design Projects: A Methodology Based on the Phenomenology of Space.*** Aluja-Olesti, Anton.
55. **Aprendiendo de los maestros: el RbD en la enseñanza del proyecto para no iniciados. *Learning from the Masters: Research by Design in Architectural Education for non-architects.*** Álvarez-Barrena, Sete; De-Marco, Paolo; Margagliotta, Antonino.
56. **Interfases: superposición sistémica para el diagnóstico urbano. *Interfaces: Systemic Overlap for Urban Diagnosis.*** Flores-Gutiérrez, Roberto; Aguayo-Muñoz, Amaro; Retamoso-Abarca, Candy; Zegarra-Cuadros, Daniela.
57. **Del componente a la conexión: taxonomía de los juegos de construcción. *From component to connection: Taxonomy of construction games.*** González-Cruz, Alejandro Jesús; De Teresa-Fernandez Casas, Ignacio.
58. **El *waterfront* como escenario de aprendizaje transversal al servicio de la sociedad. *The Waterfront as a framework for cross-curricular learning at the service of society.*** Andrade-Marqués, Maria Jose; García-Marín, Alberto.
59. **Pedagogías situadas: el bordado como herramienta crítica de representación arquitectónica. *Situated Pedagogies: Embroidery as a critical tool of architectural representation.*** Fuentealba-Quilodrán, Jessica.
60. **Reordenación de un frente fluvial: ejercicio de integración de la enseñanza de arquitectura. *Reorganization of a riverfront: exercise in integration in architectural teaching.*** Coronado-Sánchez, Ana; Fernández Díaz-Fierros, Pablo.

61. **Aprendizaje en arquitectura y paisaje: experiencias docentes en los Andes y la Amazonia. *Architecture and Cultural Landscapes: Learning Experiences in the Andes and Amazon.*** Sáez, Elia; Canziani, José.
62. **Laboratorio común: investigación proyectual desde prácticas de apropiación cultural. *Common Lab: design-based research through cultural appropriation practices.*** Oliva-Saavedra, Claudia; Silva-Raso, Ernesto.
63. **TFMs proyectuales como estrategia de investigación mediante diseño: una taxonomía. *Projectual Master's Theses as Research by Design: A Taxonomy.*** Agurto-Venegas, Leonardo; Espinosa-Rojas, Paulina.
64. **Un Campo de Acción para el entrenamiento del diseño arquitectónico. *A Field of Action for Training in Architectural Design.*** Martínez-Reyes, Federico.
65. **Paisaje y arquitectura en el Geoparque: diseño en red y aprendizaje interdisciplinar. *Landscape and Architecture in the Geopark: Networked Design and Interdisciplinary Learning.*** Vergara-Muñoz, Jaime.
66. **Cosmologías del diseño participativo: curso de verano PlaYInn. *Cosmologies of participatory design: PlaYInn summer course.*** Urda-Peña, Lucila; Garrido-López, Fermina; Azahara, Narjis.
67. **Metamorfosis como aproximación plástica al proceso didáctico proyectual. *Metamorphosis as a sculptural approach to the didactic process of design education.*** Araneda Gutiérrez, Claudio; Ortega Torres, Patricio.
68. **Aprendiendo a diseñar con la naturaleza: proyectando conexiones eco-sociales. *Learning to design with nature: Projecting eco-social connections.*** Mayorga-Cárdenas, Miguel; Pérez-Cambra, María del Mar.
69. **Lagunas, oasis y meandros: espacios para la reflexión en el aprendizaje alternativo de la arquitectura. *Lagoons, oases, and meanders: spaces for reflection in alternative learning about Architecture.*** Solís-Figueroa, Raúl Alejandro.
70. **Juegos de niñez: un modelo pedagógico para el primer semestre de arquitectura. *Child's Play: a pedagogical model for the first semester of architecture.*** Sáez-Gutiérrez, Nicolás; Pérez-Delacruz, Elisa.
71. **Innovación gráfica y programa arquitectónico: diálogos entre Tedeschi y Koolhaas. *Graphic Innovation and Architectural Program: Dialogues Between Tedeschi and Koolhaas.*** Butrón-Revilla, Cinthya; Manchego-Huaquipaco, Edith Gabriela.
72. **Pradoscopio: una pedagogía en torno a la huella digital en el Museo del Prado. *Pradoscope: a pedagogy around the digital footprint in the Prado Museum.*** Roig-Segovia, Eduardo; García-García, Alejandro.
73. **IA en la enseñanza de arquitectura: límites y potencial desde el Research by Design. *AI in Architectural Education: Limits and Potential through Research by Design.*** Simina, Nicoleta Alexandra.
74. **La democracia empieza en la cocina: diseño interdisciplinar para una cocina colaborativa. *Democracy starts at kitchen: interdisciplinary design for a collaborative kitchen.*** Pelegrín-Rodríguez, Marta.

Del análisis al aprendizaje: investigación a través de estructuras de acero reales

From analysis to learning: research through real steel structures

Calabuig-Soler, Mariano

Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación – Área de Construcciones Arquitectónicas –
Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación, Universidad Politécnica de Cartagena, España,
mariano.calabuig@upct.es

Abstract

Structural analysis is essential to understand and optimize building systems. Over thirteen editions, a group-based assignment on the analysis of built steel structures has been implemented, with the aim of integrating structural considerations into the design process from the early stages of architectural education. The paper describes the phases of the process, the evaluation criteria applied, and the results obtained in recent years, examining the evolution of the experience and its impact on students' motivation and performance. It also reflects on potential improvements, situating the proposal within the academic debate on design research through architecture.

Keywords: structural analysis and design, steel structure, case-based learning, research by design, active learning.

Thematic areas: case studies, cooperative learning, technology (structures), digital manufacturing, experimental pedagogy.

Resumen

El análisis estructural es fundamental para comprender y optimizar las estructuras. A lo largo de trece ediciones se ha implementado un trabajo grupal de análisis de estructuras metálicas construidas, con el fin de integrar la estructura en el proceso proyectual desde etapas tempranas de la formación. El artículo describe las fases del proceso, los criterios de evaluación empleados y los resultados obtenidos en los últimos cursos, analizando la evolución de la experiencia y su impacto en la motivación y el rendimiento del alumnado. Asimismo, se reflexiona sobre las mejoras posibles, enmarcando la propuesta dentro del debate académico sobre la investigación proyectual a través de la arquitectura.

Palabras clave: diseño y análisis estructural, estructura de acero, aprendizaje basado en casos, investigación a través del diseño, aprendizaje activo.

Bloques temáticos: estudio de casos (EC), aprendizaje cooperativo (AC), tecnología (estructuras), fabricación digital, pedagogía experimental.

Resumen datos académicos

Titulación: Grado en fundamentos de arquitectura

Nivel/curso dentro de la titulación: 5º curso

Denominación oficial asignatura, experiencia docente, acción: Construcción 7. Metálicas

Departamento/s o área/s de conocimiento: Arquitectura y tecnología de la edificación (Construcciones arquitectónicas)

Número profesorado: 2

Número estudiantes: 56

Número de cursos impartidos: 13

Introducción

La estructura es una parte esencial del proyecto arquitectónico, comparable al esqueleto del cuerpo humano, sin el que no podríamos mantenernos erguidos, como expresó Fuller en su concepto de *tensegrity*, con huesos a compresión y músculos, tendones y ligamentos a tracción (Fuller, 1975). Sin embargo, el peso de las asignaturas de estructuras metálicas en el Plan de Estudios del Grado en Fundamentos de Arquitectura (GFA) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) (2 % del total) no refleja su relevancia en el ejercicio profesional (UPCT, 2015). La literatura reciente subraya la responsabilidad de los arquitectos en las patologías derivadas de fallos estructurales (Bianchi et al. 2021).

No obstante, en muchos casos la estructura se considera al final del proceso proyectual, cuando la volumetría ya está definida (Ampanavos et al. 2021), e incluso se delega en otros técnicos por percibirse como un aspecto de alta complejidad (Ünay et al. 2006). Lejos de ser un lastre, la estructura puede convertirse en el eje vertebrador del proyecto, generando espacio, modulando la forma y aportando identidad arquitectónica (Charleson, 2005). En esta línea, el concepto de *Flux Structure* plantea comprender forma y estructura como un único proceso fluido, donde las geometrías emergen de la optimización de fuerzas y materiales, convirtiendo el cálculo en motor de diseño (Sasaki, 2005).



Fig. 1 Entrega de maquetas del curso 2024-25 de la asignatura de Construcción 7. Metálicas de la ETSAE (UPCT).
Fuente: Autores (2025)

1. Contexto dentro del plan de estudios

La asignatura de Construcción 7. Metálicas (CT7) tiene tan solo 6 ECTS, y se imparte en el segundo cuatrimestre del quinto curso del GFA de la UPCT (UPCT, 2025). Es el último curso del grado, con unos 50-60 alumnos, y la última asignatura relacionada con el cálculo y el análisis estructural, siendo la única que trata en detalle las estructuras metálicas.

El cálculo de esfuerzos y acciones, así como las tipologías de estructuras de edificación se aborda en otras asignaturas anteriores, por lo que se busca ampliar los conocimientos en aspectos no tratados con anterioridad y centrados en las singularidades de las estructuras

metálicas, como es el cálculo de las cargas de viento con cerramientos ligeros, siendo las naves industriales la tipología más representativa, así como el dimensionado de barras (flexión, cortante, torsión y axil tanto de compresión como de tracción) y de uniones rígidas o flexibles (soldadas y atornilladas) tanto en estado límite último (ELU) como en estado límite de servicio (ELS). También se ven aspectos de control de calidad (métodos de inspección), durabilidad (corrosión y protección) y de protección al fuego. Además de esta base teórica, se realizan prácticas informáticas utilizando el software de Cype Ingenieros (Cype, 2025).

2. Objetivos

El objetivo principal es ofrecer una reflexión crítica y descriptiva del proceso seguido en las trece ediciones de esta experiencia docente. Se busca generar un documento transferible a otros contextos universitarios, de modo que pueda ser implementado por otros docentes, fomentando la colectivización de la crítica y la incorporación de mejoras fruto del diálogo entre profesorado y alumnado.

Para ello, se describen las fases del trabajo, sintetizadas en una tabla con las principales acciones de estudiantes y docentes, y se aporta un breve estudio de casos que ilustra el proceso mediante ejemplos del estudiantado.

Asimismo, se presentan los criterios de evaluación empleados y una recopilación de calificaciones de los últimos años, con el fin de analizar resultados y orientar futuras ediciones.

3. Descripción del trabajo, fases y principales elementos de control

3.1. Génesis: la estructura es arquitectura

En la práctica profesional, los arquitectos suelen analizar edificios con usos similares al encargo recibido, apoyándose en experiencias previas. De forma análoga, en la docencia de proyectos el alumnado estudia obras construidas como base de aprendizaje (Rentería-Cano y Martín-Tost, 2018), en línea con metodologías recientes que sistematizan el análisis de proyectos y el aprendizaje basado en casos (Aguirre-Bermeo y Vanegas-Peña, 2023). Esta lógica inspira el trabajo grupal de análisis estructural, centrado en un edificio existente cuya ejecución garantiza la validez y funcionalidad de la solución analizada.

El ejercicio se plantea como puente entre forma y construcción: materializar un volumen predefinido mediante la elección, diseño y cálculo de la estructura. Es esencial transmitir desde etapas tempranas la integración de la estructura en el proceso proyectual (Salama, 2008), lo que favorece tanto la creatividad como la optimización de costes al incorporarla en el diseño conceptual (Ampanavos et al., 2021). Asimismo, la adopción de metodologías activas permite comprender la estructura no solo como soporte, sino también como generadora de espacio y forma arquitectónica (Sgambi et al., 2019).

En este sentido, la experiencia se inscribe en el debate sobre la investigación proyectual, que reconoce el análisis y el diseño arquitectónico como vías legítimas de producción y transferencia de conocimiento (García Martínez y Escudero, 2025).

3.2. Organización grupal

El trabajo se desarrolla en grupos, lo que permite afrontar con mayor eficiencia la complejidad del análisis estructural y, a la vez, preparar al alumnado para dinámicas profesionales. La

investigación ha demostrado que el aprendizaje cooperativo favorece una comprensión más profunda, una mayor retención y el desarrollo de habilidades de razonamiento (Slavin, 1996), además se fomenta la adquisición de competencias transversales clave tanto en el Plan de Estudios (UPCT, 2015) como en el mercado laboral, como la comunicación, la coordinación y la resolución colaborativa de problemas (Salas et al., 2005).

Durante las trece ediciones, los grupos pasaron de tres a cinco integrantes debido al aumento de la carga de trabajo. Inicialmente, el ejercicio se limitaba a representar la estructura mediante dibujos y texto, pues las prácticas informáticas se realizaban al final del curso. A petición del alumnado, estas se adelantaron e integraron con la teoría, lo que permitió abordar cálculos más completos y motivó la ampliación a cuatro miembros. Más tarde, se introdujo la construcción de maquetas, primero como opción y posteriormente como entrega obligatoria, dado su valor en la comprensión tridimensional, el análisis crítico y la síntesis gráfica (Carazo y Galván, 2014), lo que supuso la ampliación definitiva a cinco integrantes.

El reparto de tareas es libre, aunque todos los miembros deben conocer el conjunto del trabajo, lo que requiere reuniones periódicas. Para poder elegir edificio, es obligatorio constituir previamente el grupo y entregar una ficha con los datos del alumnado y la obra seleccionada antes de una fecha límite. Esta medida, establecida tras las primeras ediciones, evita retrasos y fomenta que los equipos se organicen pronto para optar a proyectos de mayor interés.

3.3. Proceso de elección de la obra

Se entrega al alumnado un listado de edificios ya analizados en ediciones anteriores, que quedan excluidos de la selección. No se ofrece, en cambio, una lista de posibles obras, pues la adecuada elección constituye parte esencial del trabajo. Desde el inicio, cada grupo debe reunirse, debatir y consensuar qué edificio presentar al profesorado para su validación. Este proceso fomenta la toma de decisiones colectivas y obliga a realizar un estado de la cuestión sobre las estructuras disponibles, contrastando opciones y valorando su singularidad. Además, implica activar y reforzar conocimientos previos adquiridos en asignaturas como Historia de la Arquitectura o Proyectos.

Se recomienda verificar con antelación la existencia de material gráfico suficiente (fotografías o vídeos en fase estructural), ya que a menudo los planos publicados no reflejan fielmente lo ejecutado. Asimismo, la estructura principal del edificio debe ser metálica, dado que la asignatura se centra en las estructuras de acero, si bien deben registrarse también el uso de otros materiales para comprender su comportamiento global.

3.4. Seguimiento del trabajo

Los trabajos son tutorizados por el profesorado sin un número fijo de sesiones, que se solicitan según las necesidades de cada grupo. Se exige la asistencia de todos sus miembros, salvo causa justificada, ya que las tutorías no son individuales y permanecen abiertas a otros equipos interesados. Durante la pandemia se realizaron a través de TEAMS, con acceso compartido al resto del curso; en la actualidad, aunque se mantiene esta opción si el grupo y el profesorado lo acuerdan, se prioriza la modalidad presencial.

3.5. Formato

Los elementos de entrega han evolucionado a lo largo de las ediciones. Desde la primera edición se exige la memoria y el panel A1, aunque en las primeras ediciones no se incluían cálculos informatizados. Actualmente también deben entregarse los archivos digitales empleados (CAD o programas de cálculo), así como una maqueta.

3.5.1. Memoria

La memoria debe explicar la estructura desde su concepción global hasta lo particular con un mayor detalle en el caso de edificios de menor escala. Para ello deben emplearse tantos esquemas 2D o 3D como se consideren necesarios.

Debe incorporarse una breve contextualización (uso, emplazamiento, entorno y año de construcción), ya que estos factores pueden influir en el tipo de estructura elegida por el proyectista, aunque el núcleo del documento ha de centrarse en el funcionamiento y composición de la estructura. Asimismo, se resaltarán sus aspectos más relevantes, posibles elementos auxiliares en el proceso constructivo y referencias a obras con soluciones similares.

En los últimos años, y según la complejidad del caso, se recomienda calcular parte o la totalidad de la estructura para comprender deformaciones, modos de trabajo y esfuerzos, verificando incluso la coherencia de las dimensiones con la obra real. Esto evidencia la combinación de dos de las tres modalidades de investigación: *research into art and design*, al analizar un edificio construido, y *research through art and design*, al simular procedimientos proyectuales y proponer mejoras estructurales (Frayling, 1993).

La memoria se entrega en papel y PDF (A4 vertical), con posibilidad de planos en A3. Debe estructurarse al menos con un índice y unas conclusiones, así como referenciar adecuadamente textos e imágenes, e incluir una bibliografía final.

3.5.2. Panel A1

El panel A1 (vertical) resume los contenidos de la memoria mediante texto, esquemas 2D/3D e imágenes, con el objetivo de sintetizar los aspectos esenciales y servir como soporte en la exposición final.

Se recomienda no abusar del texto, priorizando gráficos y diagramas, que transmiten información con mayor inmediatez (Tufte, 1990). Aunque debe elaborarse al concluir el trabajo, no puede entenderse como un anexo residual: al ser el material de mayor difusión en la exposición pública, requiere especial atención en su composición, jerarquía visual, tipografía, color e imagen. La organización de sus elementos debe garantizar claridad y comprensión rápida (Lupton y Phillips, 2015).

3.5.3. Maqueta

La escala de la maqueta es libre y debe adaptarse al edificio elegido, pudiendo emplearse tanto técnicas tradicionales como herramientas digitales (impresión 3D o corte láser) a disposición del alumnado por parte del departamento. Los materiales también son abiertos, recomendándose combinarlos para enfatizar diferencias de materiales.

Su inclusión como entrega obligatoria no responde a un mero ejercicio de representación, sino a una auténtica herramienta de investigación y aprendizaje activo. Se ha demostrado que las maquetas físicas favorecen la comprensión tridimensional de la arquitectura, el trabajo colaborativo y la comunicación visual en exposiciones colectivas, además de motivar al alumnado al ver materializadas sus ideas (García-Esparza et al. 2018). De igual modo, la experimentación con técnicas tradicionales y digitales refuerza la integración de competencias técnicas y proyectuales en un enfoque híbrido propio de la docencia contemporánea en arquitectura (Sánchez-Aparicio et al. 2020; Cornadó et al. 2020) (Álvarez-Agea 2024).

Surge aquí una cuestión clave: ¿la maqueta debe limitarse a reproducir la forma o también reflejar el comportamiento funcional de la estructura? Como se verá en los ejemplos del punto 4, en algunos casos, como la Galería de Arte de Richard Rogers, es posible aproximar fielmente su

funcionamiento mediante rótulas operativas; en otros, como el Exchange House Broadgate de SOM, la complejidad técnica lo impide. Esta dualidad muestra que, aun sin reproducir la mecánica real, la maqueta conserva un gran valor como instrumento de síntesis entre concepción formal, función y construcción.

3.6. Exposición (oral y de trabajos)

Al final del curso se realizan dos modalidades de exposición (oral y física) que actúan como recursos de síntesis y comunicación visual, reforzando la difusión de los aprendizajes mediante medios gráficos (Devesa, 2015).

3.6.1. Exposición oral

Cada grupo dispone de 15 minutos en el aula para presentar las particularidades de la estructura analizada. De esta manera no sólo son conocedores de la estructura analizada por ellos mismos, sino de las del resto de los grupos.

Es primordial que la exposición esté bien estructurada y ensayada, ya que tienen que participar todos los componentes del grupo, y no pueden superar el tiempo establecido. Tras cada intervención se debate, compartiendo dudas y destacando los aspectos más relevantes.



Fig. 2 Proyección y maquetas (exposición oral). Maison de l'Iran (Grupo 5 del curso 2022-23). Fuente: Autores (2023)

3.6.2. Exposición de trabajos

El destino final del trabajo es exponer y transmitir a la comunidad académica el comportamiento estructural del edificio analizado. Estas exposiciones, más allá de su carácter divulgativo, constituyen metodologías activas de innovación y transferencia del conocimiento, configurándose como un recurso de aprendizaje colectivo (Domingo et al. 2020).

Al finalizar el curso se reserva un espacio expositivo en la UPCT, inicialmente en la sede de Paseo Alfonso XIII y, desde 2019, en la sala de exposiciones del CIM, cuya ubicación y visibilidad favorecen la asistencia de visitantes. La muestra reúne los paneles A1 y las maquetas elaboradas por los grupos, y en las últimas ediciones se ha enriquecido con códigos QR que enlazan a la localización del edificio en Google Maps, así como con un panel general que recoge todas las obras acompañadas de un logotipo simplificado diseñado por el alumnado. Esta propuesta refuerza la dimensión comunicativa de la exposición, motivo por el cual se la ha denominado simbólicamente *Ex-Posición*, jugando con la idea de situar y al mismo tiempo, exponer.



Fig. 3 Exposición de paneles del curso 2018-19 en la anterior sede de Arquitectura en el Paseo Alfonso XIII (Cartagena). Fuente: Autores (2019)

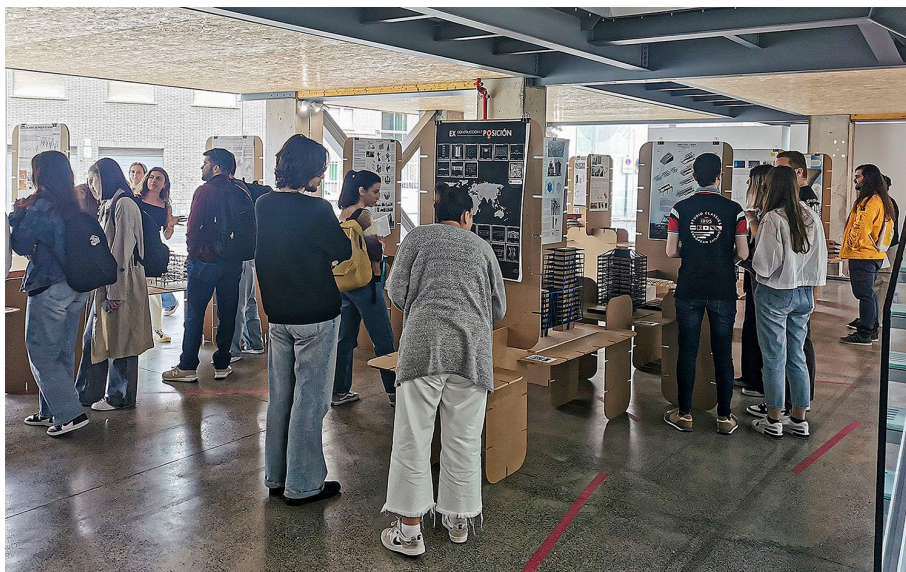


Fig. 4 Exposición de los trabajos de los cursos 2023-24 y 2024-25 en el CIM (Cartagena). Fuente: Autores (2025)

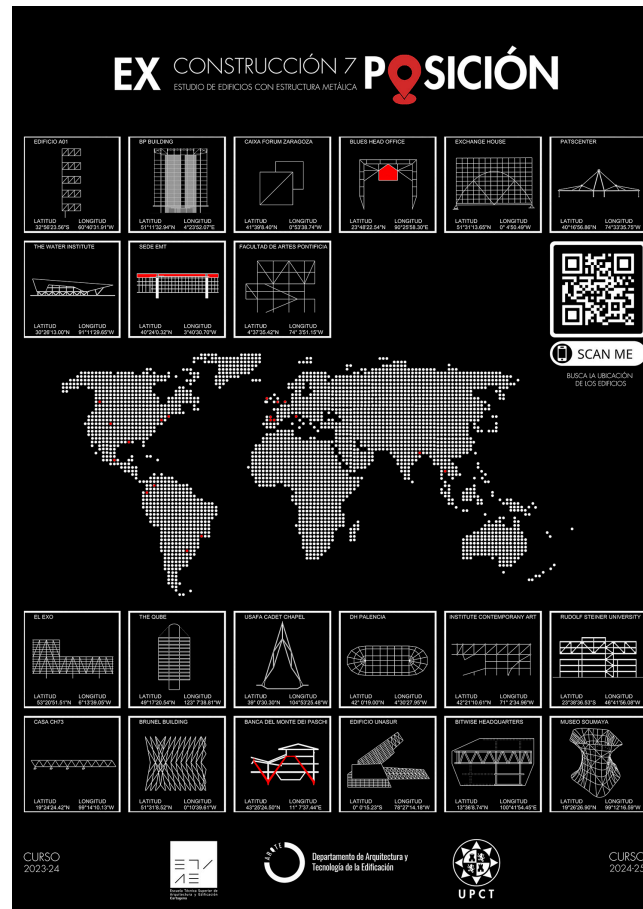


Fig. 5 Cartel promocional de la exposición de los cursos 2023-24 y 2024-25. Fuente: Autores (2025)



Fig. 6 Exposición de los trabajos de los cursos 2023-24 y 2024-25 de la asignatura de Construcción 7. Metálicas. Fuente: Autores (2025)

Las exposiciones suelen tener difusión en la web institucional de la UPCT, lo que amplía su impacto más allá del aula y refuerza su valor pedagógico y cultural (Devesa, 2015). En la última

edición, la visibilidad fue aún mayor, ya que la noticia publicada en la web atrajo a una televisión local, que entrevistó a varios estudiantes, consolidando la actividad como un acontecimiento cultural con proyección social.

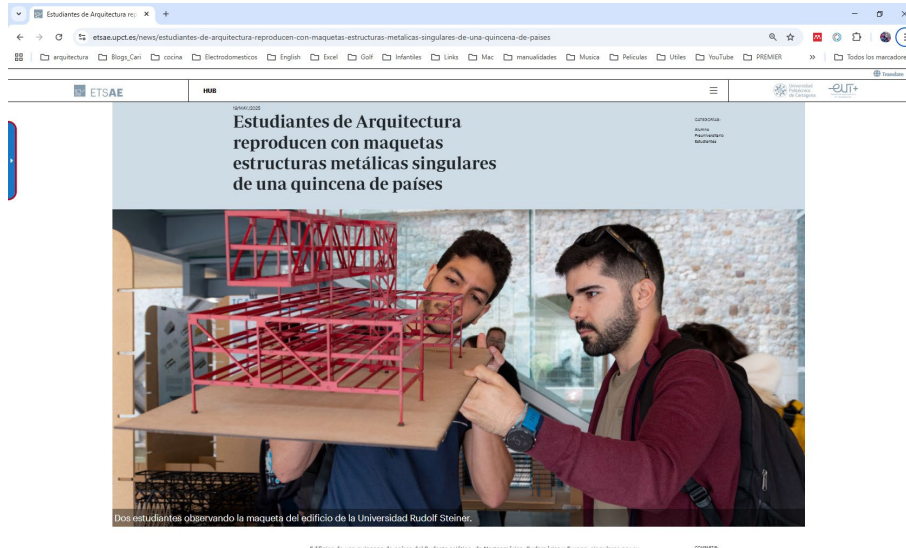


Fig. 7 Noticia de la exposición en la web de la UPCT. Fuente: UPCT, "Estudiantes de Arquitectura reproducen con maquetas estructuras metálicas singulares de una quincena de países", acceso 19 de mayo de 2025 (UPCT, 2025)



Fig. 8 Entrevista a estudiantes junto a la exposición. Fuente: Autores (2025)

3.7. Cuadro resumen de acciones

Se aporta un cuadro resumen de las acciones por parte del alumnado y el profesorado así como los resultados esperados a lo largo del curso.

Tabla 1. Cuadro de acciones a lo largo del curso

Fase	Semanas (estimadas)	Acciones del alumnado	Acciones del profesorado	Resultados esperados
Génesis	1	- Introducción a la actividad - Revisión de ejemplos previos - Consulta de dudas	- Explicación de objetivos y marco teórico - Presentación de referencias docentes - Aportación de obras ya realizadas	Motivación inicial y comprensión del propósito del trabajo
Organización grupal	1	- Formación de grupos (3-5 integrantes) - Búsqueda de posibles edificios para el trabajo - Discusión interna sobre roles iniciales	- Fijar fecha de entrega de ficha - Estudio de propuestas aportadas por los grupos	Búsqueda de posibles obras y de compañeros para formalizar los grupos
Elección de la obra	2	- Selección de obras y entrega para validación - Relleno de ficha obligatoria - Estado de la cuestión: búsqueda de referentes - Revisión de disponibilidad de imágenes y planos	- Orientaciones sobre viabilidad y singularidad - Validación de edificio elegido - Validación del grupo	Obra seleccionada y grupos aprobados
Desarrollo y seguimiento	5-7	- Análisis estructural del edificio - Elaboración de esquemas 2D/3D - Modelado y cálculos con software - Construcción de maqueta - Redacción de memoria	- Tutorías individuales y colectivas - Resolución de dudas técnicas - Revisión de avances parciales	Trabajo en curso con entregas parciales revisadas
Preparación entregables	2	- Redacción final de la memoria - Síntesis gráfica en panel A1 - Finalización de maqueta	- Revisión de borradores - Orientación sobre claridad gráfica y redacción - Orientación sobre viabilidad de la maqueta	Memoria, panel y maqueta listos para exposición
Exposición	1	- Presentación oral - Preparación de paneles y maquetas para exposición pública - Generación de QR y logotipo del edificio	- Moderación de presentaciones orales - Organización de sala expositiva	Ensayo de la exposición oral y difusión y exposición pública del trabajo

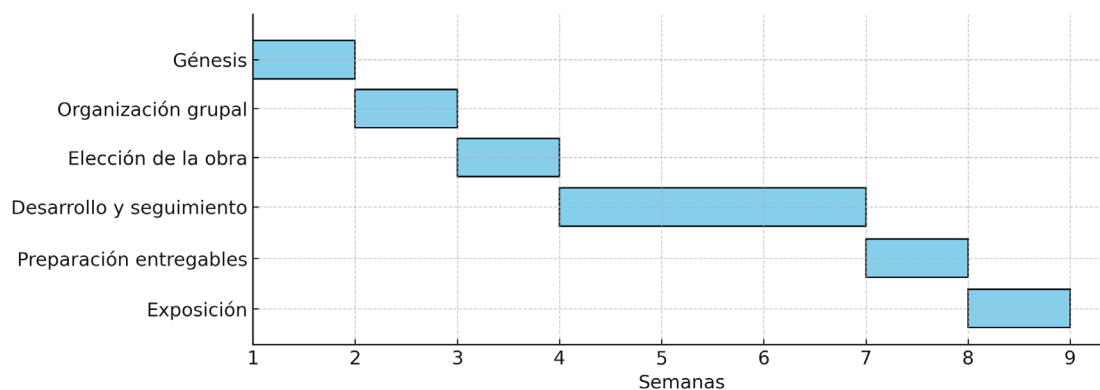


Fig. 9 Diagrama de Gantt (acciones-tiempo). Fuente: Autores (2025)

4. Ejemplos

Se han seleccionado dos trabajos de escala muy distinta: la Galería de Arte de Richard Rogers en Le Puy-Sainte-Réparate (Francia) y el edificio Exchange House Broadgate de SOM en Londres. Ambos destacan por la expresividad de su estructura vista, como parte esencial del proyecto arquitectónico. La elección de estas obras por parte del alumnado proporciona un punto de partida fértil para el análisis, frente a otras obras menos singulares que habrían limitado la profundidad de los trabajos.

4.1. Galería de arte

Se trata de una pieza en voladizo situada en el borde de una ladera junto a viñedos, apoyada en dos rótulas y estabilizada mediante tirantes posteriores anclados al terreno.

La maqueta reproduce la estructura mediante impresión 3D con distintos colores y el terreno con corte láser en madera, aunque sin la pendiente real que desmerece el carácter del voladizo. Destaca la correcta representación funcional de las rótulas, que permite simular el giro del conjunto en el caso de retirar los tirantes, aportando un valor añadido por su aproximación al comportamiento real de la estructura.



Fig. 10 Maqueta de la Galería de Arte de Richard Rogers. Curso 2021-22. Alumnos: Clara Torregrosa, Adrián Molina y Paula Martínez. Fuente: Autores (2024)

El panel A1 presenta una composición clara y equilibrada, con el esquema tridimensional de la estructura en el centro como elemento principal. La gama cromática resulta coherente con la obra y facilita distinguir los componentes estructurales. El texto, limitado al margen izquierdo, evita sobrecargar la lámina y permite que la información gráfica predomine. El título es sencillo y legible desde la distancia, mientras que la fotografía inferior vincula el panel con el edificio real y refuerza la composición.

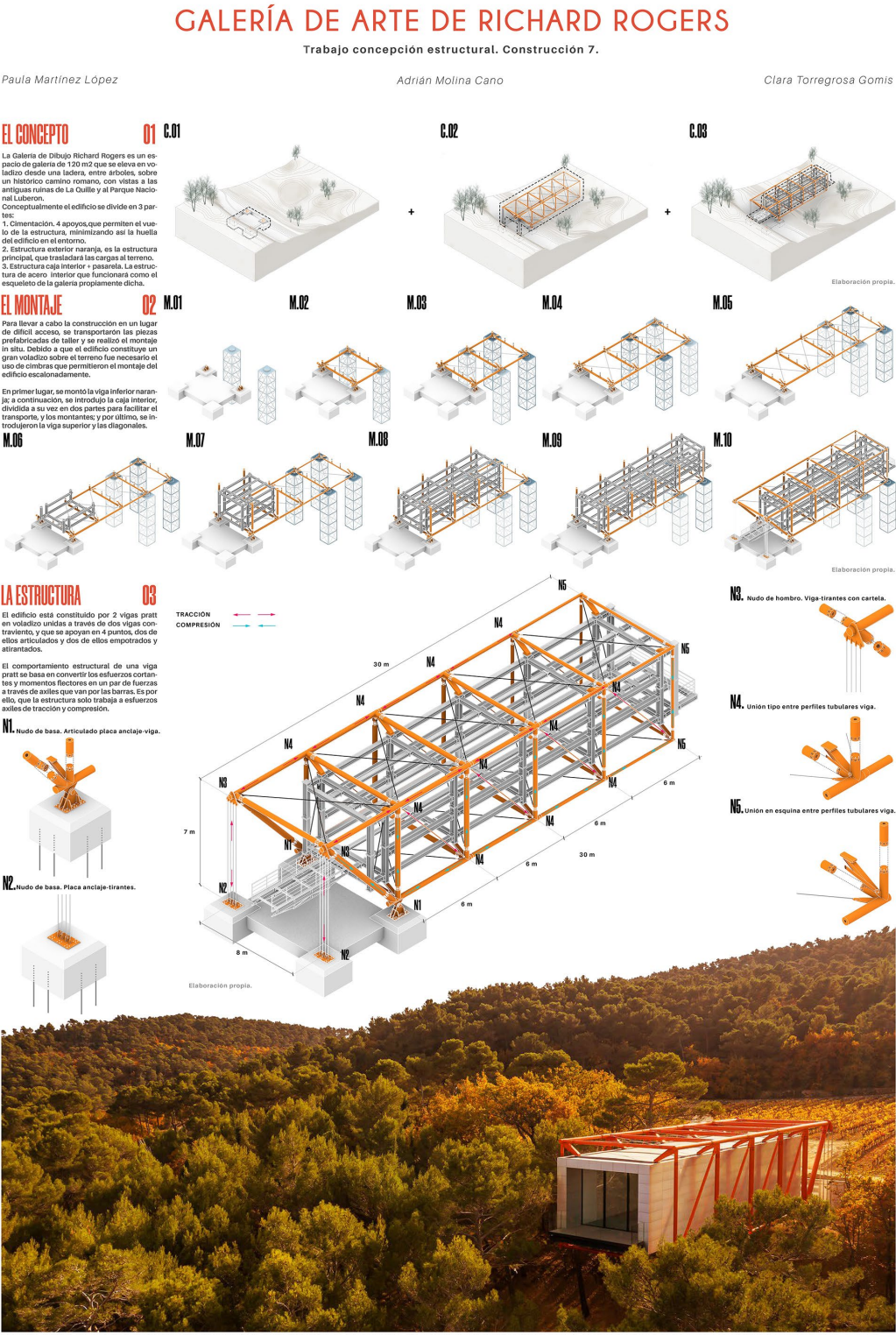


Fig. 11 Panel A1 de la Galería de Arte de Richard Rogers. Curso 2021-22. Alumnos: Clara Torregrosa, Adrián Molina y Paula Martínez. Fuente: Alumnos (2022)

4.1. Exchange House Broadgate

Se trata de un edificio de oficinas de diez plantas situado al norte de la estación de Liverpool Street. Su construcción fue singular, pues al ubicarse sobre las vías ferroviarias soterradas, sin posibilidad de interrumpir el tráfico, se resolvió mediante grandes arcos parabólicos capaces de salvar una luz de 78 metros.

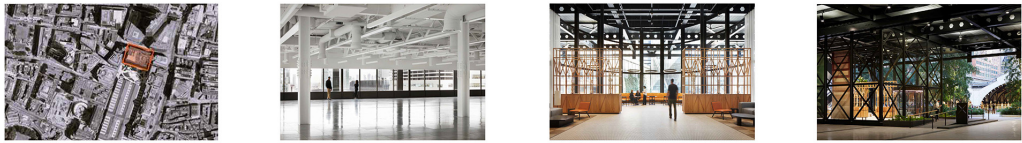
La maqueta, realizada con cortadora láser, utiliza MDF para la estructura exterior y cartón para los forjados. El empleo de materiales y colores distintos enriquece la representación y facilita la identificación de los elementos estructurales, ofreciendo una visión tridimensional clara. El resultado es una maqueta didáctica y expresiva, que transmite eficazmente la complejidad y singularidad del sistema estructural.



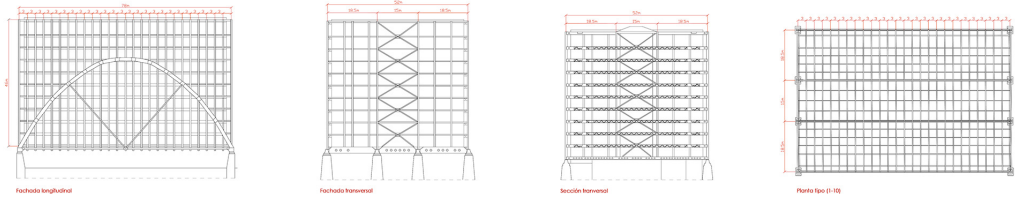
Fig. 12 Maqueta del Exchange House Broadgate de SOM. Curso 2023-24. Alumnos: Carmen García, Claudia Roda, M^a del Mar Martínez e Isabel Gómez. Fuente: Autores (2025)

El panel A1 presenta una organización clara en la secuencia de planos, diagramas y axonometrías, aunque la falta de jerarquía visual resta fuerza comunicativa. Los arcos, elemento estructural principal, aparecen solo delineados, perdiendo protagonismo el cual podría haberse potenciado mediante masas de color o sombreados. Las imágenes seleccionadas se centran en interiores, cuando habría sido más pertinente incluir vistas exteriores que evidencien la gran luz entre apoyos y la ligereza del conjunto. Además, el título resulta poco legible a distancia por su escala tipográfica. En conjunto, la composición es ordenada, pero excesivamente homogénea, lo que limita su impacto visual.

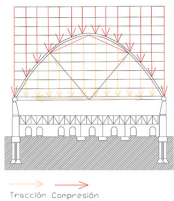
EXCHANGE HOUSE
(SOM) 1990



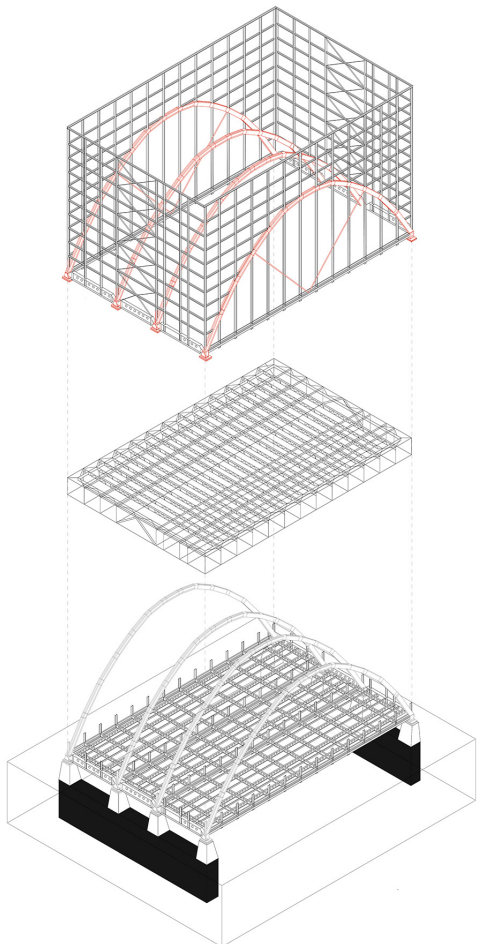
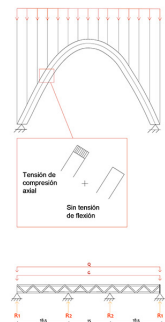
El Exchange House, es un edificio de oficinas de 10 pisos ubicado en el complejo financiero Broadgate en Londres, es un proyecto destacado del equipo de ingenieros y arquitectos de la firma estadounidense SOM finalizado en 1990. Construido sobre las vías ferroviarias de la estación de Liverpool Street, el Exchange House se suspende sobre un puente de acero de 78 metros de longitud, utilizando arcos parabólicos para soportar su estructura. Este enfoque innovador permite una planta baja diáfana y visualmente impactante, con solo un 5% del edificio tocando el suelo. El diseño interior refleja una atención meticulosa a la funcionalidad y la estética, con amplias áreas de trabajo y comunicación vertical facilitada por escaleras mecánicas y elevadores. A partir del cuarto piso, el edificio presenta atrios simétricos rematados por una cubierta de vidrio inclinada, permitiendo que la luz natural ilumine y conecte las ocho últimas plantas destinadas a oficinas.



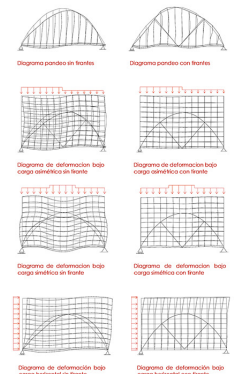
El sistema estructural de este edificio es capaz de abarcar una luz de 78 metros. La estructura se compone de cuatro arcos, dos internos y dos externos, cada uno desempeñando un papel crucial en la distribución de las cargas. Los arcos internos, separados por 15 metros, y los externos, por 18.5 metros, se han diseñado para proporcionar estabilidad estructural. Los pilares que se encuentran por debajo de los arcos trabajan predominantemente a tracción, mientras que los situados por encima de ellos operan a compresión. Esta división funcional garantiza una distribución eficiente de las cargas y la integridad estructural del edificio.



La estructura se puede dividir en dos sistemas principales: el sistema principal, compuesto por los arcos, tirantes horizontales y verticales, cruces de San Andrés y pilares; y el sistema secundario, conformado por la estructura de los forjados, los perfiles horizontales en celosía donde se apoya la chapa colaborante y los perfiles en I que atan los pilares.



Los arcos, situados en paralelo y con una geometría parabólica, son elementos fundamentales en la estructura. Su diseño eficiente permite soportar cargas uniformes de manera óptima. Para garantizar su estabilidad y evitar deformaciones, se han implementado elementos auxiliares como tirantes diagonales. Además, para prevenir el pandeo y la deformación de los pilares, se han instalado vigas horizontales que los unen entre sí, proporcionando una mayor rigidez a la estructura en su conjunto.



El edificio descansa sobre ocho nudos situados sobre soportes macizos que permiten cierto movimiento horizontal y rotación para adaptarse a las dilataciones y contracciones de la estructura. Estos soportes, a su vez, se apoyan sobre dos grandes muros de cimentación, asegurando una base sólida y estable para el edificio.

Todos estos elementos estructurales se encuentran visibles en la fachada del edificio, donde la estructura misma se convierte en la expresión arquitectónica de este.

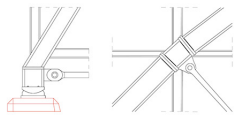


Fig. 13 Panel A1 del Exchange House Broadgate de SOM. Curso 2023-24. Alumnos: Carmen García, Claudia Roda, M^a del Mar Martínez e Isabel Gómez. Fuente: Alumnos (2024)

5. Evaluación

La ponderación de cada apartado del trabajo se ha establecido en función del tiempo estimado de dedicación: memoria escrita (45%), panel A1 (15%), maqueta (35%) y exposición oral (5%).

Los criterios de evaluación son los siguientes:

Memoria (45%)

- Rigor analítico y técnico: claridad en la explicación del funcionamiento estructural, precisión en cálculos y coherencia con la normativa.
- Organización y estructura: redacción clara, jerarquía de apartados, correcta integración de texto, esquemas y referencias bibliográficas.
- Profundidad del análisis: capacidad para relacionar la estructura con el contexto arquitectónico, constructivo y materiales.
- Originalidad y crítica: propuestas de mejora o reflexiones que trasciendan la mera descripción.

Panel A1 (15%)

- Síntesis visual: capacidad para condensar la información principal de la memoria de manera clara y atractiva.
- Composición gráfica: equilibrio entre texto e imagen, jerarquía visual, uso adecuado de tipografía y color.
- Calidad de representación: corrección en los dibujos 2D/3D, legibilidad de esquemas y pertinencia de las imágenes.
- Impacto comunicativo: legibilidad a distancia, capacidad de captar la atención en un entorno expositivo.

Maqueta (35%)

- Fidelidad estructural: representación clara y precisa de los elementos principales (soportes, vigas, uniones, etc.).
- Selección y uso de materiales: elección adecuada de recursos (PLA, MDF, cartón, etc.) para diferenciar partes y transmitir información.
- Nivel de detalle y ejecución: limpieza, precisión en cortes y ensamblajes, proporción en la escala.
- Valor didáctico: capacidad de la maqueta para mostrar la lógica estructural de forma comprensible para terceros.

Exposición oral (5%)

- Claridad en la comunicación: capacidad de explicar el funcionamiento estructural con un lenguaje accesible pero riguroso.
- Dominio del tema: seguridad en las explicaciones y en las respuestas a preguntas.
- Participación equilibrada: reparto equitativo de intervenciones entre los miembros del grupo.
- Apoyo en recursos visuales: uso de esquemas y dibujos adecuados para transmitir la información.

Para el análisis de los resultados se han considerado las últimas cuatro ediciones, ya que en las nueve primeras la maqueta no era obligatoria.

Tabla 2. Notas medias de los últimos 4 cursos

CURSO Nº	GRUPOS	MEMORIA (50%)		A1 (15%)		MAQUETA (35%)		EXPOSICIÓN (5%)		NOTA (100%)	
2021-22	15	6,77	99%	6,37	100%	5,40	74%	6,47	91%	6,21	90%
2022-23	14	7,00	103%	5,85	92%	8,00	109%	7,12	100%	7,18	104%
2023-24	11	6,30	93%	6,40	101%	7,70	105%	6,60	93%	6,82	98%
2024-25	13	7,15	105%	6,77	107%	8,23	112%	8,23	116%	7,53	109%
	53	6,81		6,35		7,33		7,10		6,94	

La *tabla 2* recoge las notas medias de cada apartado y su dispersión respecto a la media global de los cuatro cursos. Salvo en 2024-25 (donde la maqueta y la exposición oral presentan ligeras desviaciones) los porcentajes no difieren más de un 10%, lo que refleja un nivel de desempeño estable en el tiempo. Este comportamiento sugiere que, manteniendo condiciones docentes similares, los resultados futuros se situarán en rangos equivalentes.

Tabla 3. Notas de los trabajos del curso 2024-25

GRUPO	MEMORIA	A1	MAQUETA	EXPOSICIÓN	NOTA
1	6	7	8,5	9	7,18
2	6	6	8,5	8	6,98
3	4	3	4	8	4,05
4	9	8	10	9	9,20
5	7	6	7	7	6,85
6	7	7	8	7	7,35
7	8	9	9	9	8,55
8	10	8	8	10	9,00
9	7	6	10	8	7,95
10	7	6	8	7	7,20
11	7	8	10	8	8,25
12	8	7	9	10	8,30
13	7	7	7	7	7,00
MEDIA	7,15	6,77	8,23	8,23	7,53

La *tabla 3* muestra como ejemplo las calificaciones parciales y finales de los grupos del curso 2024-25, a partir de las cuales se calcularon las medias incluidas en la *tabla 2*.

6. Mejoras

El análisis crítico de esta experiencia docente ha permitido identificar diversas líneas de mejora aplicables en futuras ediciones de la asignatura:

Seguimiento del trabajo en grupo.

- Incorporar una hoja de registro individual donde cada estudiante anote las tareas realizadas y el tiempo invertido. Esto facilitaría correlacionar esfuerzo y resultados, además de ajustar la ponderación de cada apartado en la evaluación final.
- Implantar tutorías grupales abiertas, en las que intervengan tanto profesorado como el resto de equipos, favoreciendo el aprendizaje horizontal y la resolución compartida de problemas desde fases tempranas.

Planificación y control del proceso.

- Establecer un calendario de entregas parciales (p. ej., recopilación de información constructiva o entrega intermedia de maqueta), evitando que determinadas tareas se releguen al final.

Evaluación formativa.

- Introducir cuestionarios breves durante las exposiciones orales para fomentar la atención, evaluación entre pares y la reflexión crítica.
- Aplicar encuestas finales de autoevaluación y percepción del aprendizaje, orientadas a contrastar expectativas iniciales y resultados alcanzados.

Difusión y transferencia del conocimiento.

- Complementar la exposición física con códigos QR que enlacen a la memoria completa de los trabajos o incluso poder consultarla físicamente.
- Potenciar la proyección pública a través de prensa, redes sociales y medios audiovisuales, dado que la visibilidad externa ha demostrado incrementar la motivación y la calidad de los resultados.

En conjunto, estas propuestas buscan perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje, reforzar la colaboración, consolidar la evaluación continua y ampliar la dimensión social de la experiencia, garantizando su evolución y sostenibilidad en futuras ediciones.

7. Conclusiones

La experiencia docente de la asignatura CT7 ha demostrado ser un ejercicio eficaz para vincular teoría estructural y práctica proyectual, favoreciendo la comprensión de la estructura como parte esencial del proyecto arquitectónico. El análisis de edificios reales seleccionados por los estudiantes permite un aprendizaje significativo que conecta con la práctica profesional y supera la visión de la estructura como mero requisito técnico, reconociéndola como generadora de espacio y forma.

El trabajo grupal resulta determinante al fomentar cooperación, comunicación y coordinación, competencias clave en el ámbito profesional. La combinación de productos entregables (memoria, panel A1, maqueta y exposición oral) asegura un aprendizaje integral que articula análisis escrito, síntesis gráfica, representación tridimensional y comunicación. Los resultados de las últimas ediciones reflejan una metodología consolidada, con especial implicación del alumnado en la maqueta y la exposición.

La incorporación obligatoria de la maqueta ha supuesto un salto cualitativo, convirtiéndose en herramienta de investigación y comprensión tridimensional que potencia la creatividad y el análisis crítico. A su vez, la exposición pública, tanto en la escuela como en la web institucional, refuerza la motivación estudiantil al situar el aprendizaje en un marco de transferencia social más amplio.

La reflexión crítica derivada de esta experiencia ha permitido identificar mejoras: entregas parciales, tutorías colaborativas, cuestionarios entre grupos y encuestas de satisfacción. Estas medidas apuntan a un aprendizaje más riguroso, participativo y visible, alineado con corrientes pedagógicas que promueven el *learning by doing*, la investigación proyectual y la evaluación continua, configurando un modelo docente transferible a otros contextos académicos (Sgami et al. 2019).

8. Agradecimientos

Este trabajo forma parte de las actividades de formación, divulgación y difusión para fomentar el intercambio de conocimiento en economía circular en el marco del sector de la construcción del proyecto titulado: Ecosistema de innovación de economía circular en el marco del sector de la construcción (ECONOVA-MSC), Expediente EXP - 00167108 / ECO-20241015 y financiado por CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL (CDTI).

9. Bibliografía

Aguirre-Bermeo, Fernanda, y Santiago Vanegas-Peña. 2023. “Experiencias metodológicas para el análisis del proyecto de arquitectura.” En *Actas JIDA'23: XI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/jida.2023.12300>.

Álvarez-Agea, Alberto. 2024. “Digitalmente analógico: simular (digitalmente) lo que representa (analógico).” En *Actas JIDA'24: XII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 233–244. Madrid/Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica – Universitat Politècnica de Catalunya; Universidad Rey Juan Carlos.

Ampanavos, Spyridon, Mehdi Nourbakhsh, and Chin-Yi Cheng. 2021. “Structural Design Recommendations in the Early Design Phase Using Machine Learning.” Preprint, July 19, 2021. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.08567>.

Bianchi, Simona, Jonathan Ciurlanti, and Stefano Pampanin. 2021. “Comparison of Traditional vs Low-Damage Structural and Non-Structural Building Systems through a Cost/Performance-Based Evaluation.” *Earthquake Spectra* 37 (1): 366–385. <https://doi.org/10.1177/8755293020952445>.

Carazo Lefort, Eduardo, y Noelia Galván Desvaux. 2014. “Aprendiendo con maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura.” *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica* 19 (24): 256–265. <https://doi.org/10.4995/ega.2014.1828>.

Charleson, Andrew. 2005. *Structure as Architecture: A Source Book for Architects and Structural Engineers*. Oxford: Architectural Press.

Cornadó, Còssima, Eva Crespo, y Estefanía Martín. 2020. “Asignaturas tecnológicas en Arquitectura en el confinamiento: hacia una enseñanza aplicada.” En *Actas JIDA'20: VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 557–568. Barcelona/Málaga: Iniciativa Digital Politècnica – Universitat Politècnica de Catalunya; Universidad de Málaga.

CYPE Ingenieros, S.A. 2025. “CYPE: Soluciones para estructuras y proyectos BIM.” *Info CYPE*. Última modificación 2025. <https://info.cype.com/es/>

Devesa, Ricardo. 2015. “Difundir lo aprendido: razones y medios.” En *Actas JIDA'15: III Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 78–89. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/jida.2015.5077>.

Domingo Santos, Juan, Carmen Moreno Álvarez, y Tomás García Píriz. 2020. “Exposiciones docentes. Didáctica, transferencia e innovación en el ámbito académico.” En *Actas JIDA'20: VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 709–720. Málaga/Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica – Universitat Politècnica de Catalunya; Universidad de Málaga. <https://doi.org/10.5821/jida.2020.9416>.

Frayling, Christopher. 1993. “Research in Art and Design.” *Royal College of Art Research Papers* 1 (1). London: Royal College of Art.

- Fuller, R. Buckminster, with E. J. Applewhite. 1975. *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*. New York: Macmillan, 793–796.
- García-Esparza, Juan Antonio, Javier Pérez-Iñigo, y José Ramón Muñoz. 2018. “Prototipos y maquetas como herramientas de aprendizaje en proyectos arquitectónicos.” En *Actas JIDA'18: VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 423–435. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica – Universitat Politècnica de Catalunya.
- García Martínez, Pedro, y Elena Escudero López. “Theory, practice, hypotheses, explorations, and methods for research in architectural design.” *VLC arquitectura* 12, no. 1 (abril 2025): 229–255. <https://doi.org/10.4995/vlc.2025.22872>
- Lupton, Ellen, and Jennifer Cole Phillips. 2008. *Graphic Design: The New Basics*. New York: Princeton Architectural Press.
- Rentería-Cano, Isabel de, y Xavier Martín-Tost. 2018. “Análisis Arquitectónico: una inmersión en el primer curso de proyectos.” En *Actas JIDA'18: VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. Zaragoza/Barcelona: Universidad de Zaragoza; Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/jida.2018.5523>.
- Salama, Ashraf M. 2008. “A Theory for Integrating Knowledge in Architectural Design Education.” *International Journal of Architectural Research: Archnet-IJAR* 2 (1): 109–113. <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v2i1.180>.
- Salas, Eduardo, Dana E. Sims, y C. Shawn Burke. 2005. “Is There a ‘Big Five’ in Teamwork?” *Small Group Research* 36 (5): 560–565. <https://doi.org/10.1177/1046496405277134>.
- Sánchez-Aparicio, Luis Javier, María del Carmen Sánchez-Guevara Sánchez, Jorge Gallego, y Francesca Olivieri. 2020. “Buildings 360º: un nuevo enfoque para la enseñanza en construcción.” En *Actas JIDA'20: VIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*, 545–556. Barcelona/Málaga: Iniciativa Digital Politècnica – Universitat Politècnica de Catalunya; Universidad de Málaga.
- Sasaki, Mutsuro. 2005. *Flux Structure*. Tokyo: TOTO Publishing.
- Sgambi, Luca, Lylian Kubiak, Noemi Basso, y Elsa Garavaglia. 2019. “Active Learning for the Promotion of Students’ Creativity and Critical Thinking: An Experience in Structural Courses for Architecture.” *Archnet-IJAR* 13 (1): 155–159. <https://doi.org/10.1108/ARCH-11-2018-0018>.
- Slavin, Robert E. 1996. “Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know.” *Contemporary Educational Psychology* 21 (1): 43–69. <https://doi.org/10.1006/ceps.1996.0004>.
- Tufte, Edward R. 1990. *Envisioning Information*. Cheshire, CT: Graphics Press.
- Ünay, Hasan. 2006. “Architectural Education and the Structural Engineer.” *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 21 (3): 443–450.
- Universidad Politécnica de Cartagena. 2015. “Plan de Estudios: Grado en Fundamentos de Arquitectura (5191).” *Estudios UPCT*. <https://estudios.upct.es/grado/5191/plan-de-estudios>
- Universidad Politécnica de Cartagena. 2025. “Guía docente: Construcción 7. Metálicas [519105007].” *ETSAE Guía Docente (UPCT)*. <https://etsae.upct.es/guia-docente/519105007>
- Universidad Politécnica de Cartagena. 2025. “Estudiantes de Arquitectura reproducen con maquetas estructuras metálicas singulares de una quincena de países.” *ETSAE Noticias*, 19 de mayo de 2025. <https://etsae.upct.es/news/estudiantes-de-arquitectura-reproducen-con-maquetas-estructuras-metalicas-singulares-de-una-quincena-de-paises>.