

# JIDA'23

XI JORNADAS  
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE  
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION  
IN ARCHITECTURE JIDA'23

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ  
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'23

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE GRANADA  
16 Y 17 DE NOVIEMBRE DE 2023



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

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

### **Editores**

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

### **Revisión de textos**

Alba Arboix Alió, Joan Moreno Sanz, Judit Taberna Torres

### **Edita**

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

**ISBN** 978-84-10008-10-62 (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'23**

### ***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***

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

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

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

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

#### **Rafael García Quesada (UGR)**

Dr. Arquitecto, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, ETSAGr-UGR

#### **José María de la Hera Martín (UGR)**

Administrador, ETSAGr-UGR

### ***Coordinación***

#### **Alba Arboix Alió (UB)**

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

## **Comité Científico JIDA'23**

**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

**Irma Arribas Pérez**

Dra. Arquitecta, ETSALS

**Raimundo Bambó Naya**

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

**María del Mar Barbero Barrera**

Dra. Arquitecta, Construcción y Tecnología Arquitectónicas, ETSAM-UPM

**Enrique Manuel Blanco Lorenzo**

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

**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, Chile

**Rodrigo Carbajal Ballell**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Rafael Córdoba Hernández**

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

**Còssima Cornadó Bardón**

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

**Rafael de Lacour Jiménez**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSAGr-UGR

**Eduardo Delgado Orusco**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

**Carmen Díez Medina**

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

**Débora Domingo Calabuig**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

**Arturo Frediani Sarfati**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-URV

**Pedro García Martínez**

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

**Eva Gil Lopesino**

Dr. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

**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

**Íñigo Lizundia Uranga**

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

**Emma López Bahut**

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

**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

**Maria Dolors Martínez Santafe**

Dra. Física, Departamento de Física, ETSAB-UPC

**Javier Monclús Fraga**

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

**Leandro Morillas Romero**

Dr. Arquitecto, Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, ETSAGr-UGR

**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

**Ana Belén Onecha Pérez**

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

**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

**Amadeo Ramos Carranza**

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Jorge Ramos Jular**

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

**Ernest Redondo**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

**Gonzalo Ríos-Vizcarra**

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

**Silvana Rodrigues de Oliveira**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

**Concepción Rodríguez Moreno**

Dra. Arquitecta, Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, ETSAGr-UGR

**Jaume Roset Calzada**

Dr. Físico, Física Aplicada, ETSAB-UPC

**Anna Royo Bareng**

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

**Emilia Román López**

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

**Borja Ruiz-Apilánez**

Dr. Arquitecto, Urbanismo y ordenación del territorio, EAT-UCLM

**Patricia Sabín Díaz**

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

**Luis Santos y Ganges**

Dr. Urbanista, Urbanismo y Representación de la Arquitectura, ETSAVA-UVA

**Carla Sentieri Omarrementeria**

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

**Josep Maria Solé Gras**

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, EAR-URV

**Koldo Telleria Andueza**

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

**Josep Maria Toldrà Domingo**

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, EAR-URV

**Ramon Torres Herrera**

Dr. Físico, Departamento de Física, ETSAB-UPC

**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

**Eduardo Zurita Povedano**

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSAGr-UGR

## ÍNDICE

1. **El proceso gráfico como acto narrativo. *The graphic process as a narrative act.*** Grávalos-Lacambra, Ignacio.
2. **El Proyecto de Ejecución Estructural como parte del Proyecto Final de Máster. *Structural execution project as part of the Master's thesis.*** Guardiola-Víllora, Arianna; Mejía-Vallejo, Clara.
3. **La casa de los animales: seminario de composición arquitectónica. *The House of Animals: seminar on architectural composition.*** Gómez-García, Alejandro.
4. **Aula invertida, gamificación y multimedia en Construcción con el uso de redes sociales. *Flipped classroom, gamification and multimedia in Construction by using social networks.*** Serrano-Jiménez, Antonio; Esquivias, Paula M.; Fuentes-García, Raquel; Valverde-Palacios, Ignacio.
5. **Profesional en lo académico, académico en lo profesional: el concurso como taller. *Professionally academic, academically professional: competition as a workshop.*** Álvarez-Agea, Alberto.
6. **Adecuación de un A(t)BP al ejercicio profesional de la arquitectura. *Adaptation of a PB(t)L to the professional practice of architecture.*** Bertol-Gros, Ana; Álvarez-Atarés, Francisco Javier; Gómez Navarro, Belén.
7. **Visualización & Representación: Diseño Gráfico y Producción Industrial. *Visualization & Representation: Graphic Design and Industrial Production.*** Estepa Rubio, Antonio.
8. **Más allá del estado estable: diseño discursivo como práctica reflexiva asistida por IA. *Beyond the Steady State: Discursive Design as Reflective Practice Assisted by AI.*** Lobato-Valdespino, Juan Carlos; Flores Romero, Jorge Humberto.
9. **Geometría y memoria: las fuentes monumento de Aldo Rossi. *Geometry and memory: monument fountains by Aldo Rossi.*** Vílchez-Lara, María del Carmen.
10. **La experiencia de un taller "learning by building" en el diseño de un balcón de madera. *The experience of a "learning by building" workshop in the design of a wooden balcony.*** Serrano-Lanzarote, Begoña; Romero-Clausell, Joan; Rubio-Garrido, Alberto; Villanova-Civera, Isaac.
11. **Diseño de escenarios de aprendizaje universitarios para aprender haciendo. *University learning scenarios design for learning-by-doing.*** Prado-Acebo, Cristina.

12. **Cartografiando el acoso sexual: dos TFG sobre mujeres y espacio público en India. *Mapping Sexual Harassment: Two Undergraduate Theses on Women and Public Space in India.*** Cano-Ciborro, Víctor.
13. **Comparar, dialogar, proyectar. *Comparing, discussing, designing.*** Mària-Serrano, Magda; Musquera-Felip, Sílvia.
14. **Talleres preuniversitarios: itinerarios, bitácoras y mapas con niñxs. *Pre-university workshops: Itineraries, Sketchbooks, Maps with Kids.*** De Jorge-Huertas, Virginia; Ajuriaguerra-Escudero, Miguel Ángel.
15. **Dibujar y cartografiar: un marco teórico para arquitectura y paisajismo. *Drawing and mapping: a theoretical framework for architecture and landscape.*** De Jorge-Huertas, Virginia; Rodríguez-Aguilera, Ana Isabel.
16. **La especialización en el modelo formativo de las Escuelas de Arquitectura en España. *Specialization in the formative model of the Schools of Architecture in Spain.*** López-Sánchez, Marina; Vicente-Gilabert, Cristina.
17. **Regeneración paisajística de la Ría de Pontevedra: ApS para la renaturalización de Lourizán. *Ria de Pontevedra landscape regeneration: Service-Learning to rewild Lourizán.*** Rodríguez-Álvarez, Jorge; Vázquez-Díaz, Sonia.
18. **Manos a la obra: de la historia de la construcción a la ejecución de una bóveda tabicada. *Hands on: from the history of construction to commissioning of a timber vault.*** Gómez-Navarro, Belén; Elía-García, Santiago; Llorente-Vielba, Óscar.
19. **Artefactos: del co-diseño a la co-fabricación como acercamiento a la comunidad. *Artifacts: from co-design to co-manufacturing as approach to the community.*** Alberola-Peiró, Mónica; Casals-Pañella, Joan; Fernández-Rodríguez, Aurora.
20. **Análisis y comunicación: recursos docentes para acercar la profesión a la sociedad. *Analysis and communication: teaching resources to bring the profession closer to society.*** Díez Martínez, Daniel; Esteban Maluenda, Ana; Gil Donoso, Eva.
21. **Desafío constructivo: una vivienda eficiente y sostenible. *Building challenge: efficient and sustainable housing.*** Ros-Martín, Irene; Parra-Albarracín, Enrique.
22. **¿Mantiene usted sus ojos abiertos? La fotografía como herramienta transversal de aprendizaje. *Do you keep your eyes open? Photography as a transversal learning tool.*** González-Jiménez, Beatriz S.; Núñez-Bravo, Paula; Escudero-López, Elena.
23. **El COIL como método de aprendizaje: estudio de la iluminación natural en la arquitectura. *The COIL as a learning method: Study of natural lighting in architecture.*** Pérez González, Marlix T.



24. **Viaje virtual a Amsterdam a través del dibujo. *Virtual trip to Amsterdam through drawing*.** Moliner-Nuño, Sandra; de-Gispert-Hernandez, Jordi; Bosch-Folch, Guillem.
25. **Los juegos de Escape Room como herramienta docente en Urbanismo: una propuesta didáctica. *Breakout Games as a teaching tool in Urban Planning: a didactic strategy*.** Bernabeu-Bautista, Álvaro; Nolasco-Cirugeda, Almudena.
26. **Happenings Urbanos: acciones espaciales efímeras, reflexivas y participativas. *Urban Happenings: Ephemeral, Reflective and Participatory Spatial Actions*.** Blancafort, Jaume; Reus, Patricia.
27. **Sensibilizando la arquitectura: una propuesta de ApS en el Centro Histórico de Quito. *Sensitizing architecture: An ApS proposal in the Historic Center of Quito*.** González-Ortiz, Juan Carlosa; Ríos-Mantilla, Renato Sebastián; Monard-Arciniégas, Alexka Shayarina.
28. **Regeneración urbana en el grado de arquitectura: experiencia de taller, San Cristóbal, Madrid. *Urban regeneration in the architecture degree: Workshop experience in San Cristóbal, Madrid*.** Ajuriaguerra Escudero, Miguel Angel.
29. **De las ideas a las cosas, de las cosas a las ideas: la arquitectura como transformación. *From ideas to things, from things to ideas: Architecture as transformation*.** González-Cruz, Alejandro Jesús; del Blanco-García, Federico Luis.
30. **A propósito del documental “Arquitectura Emocional 1959”: elaborar un artículo de crítica. *Regarding the documentary “Emotional Architecture”: Preparing a critical article*.** Moreno Moreno, María Pura.
31. **El modelo de Proyecto Basado en la investigación para el aprendizaje de la Arquitectura. *The Design-Research Model for Learning Architecture*.** Blanco Herrero, Arturo; Ioannou, Christina.
32. **La colección Elementos: un archivo operativo para el aprendizaje arquitectónico. *The Elements collection: an operational archive for architecture learning*.** Fernández-Elorza, Héctor Daniel; García-Fern, Carlos; Cruz-García, Oscar; Aparicio-Guisado, Jesús María.
33. **Red de roles: role-play para el aprendizaje sobre la producción social del hábitat. *Roles Network: role-play learning on the social production of habitat*.** Martín Blas, Sergio; Martín Domínguez, Guiomar.
34. **Proyecto de Aprendizaje-Servicio en Diseño y Viabilidad de Proyectos Arquitectónicos. *Service-Learning in Architectural Projects Design and Feasibility*.** García-Asenjo Llana, Davida; Vicente-Sandoval González, Ignacio; Echarte Ramos, Jose María; Hernández Correa, José Ramón.

35. **La muerte del héroe: la creación de una narrativa profesional inclusiva y cooperativa. *The hero's death: The creation of an inclusive and cooperative professional narrative.*** García-Asenjo Llana, David; Vicente-Sandoval González, Ignacio; Echarte Ramos, Jose María.
36. **Modelado arquitectónico: construyendo geometría. *Architectural modeling: constructing geometry.*** Crespo-Cabillo, Isabel; Àvila-Casademont, Genís.
37. **Propiocepciones del binomio formación-profesión en escuelas de arquitectura iberoamericanas. *Self awareness around the education-profession binomio in iberoamerican architecture schools.*** Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Barrientos-Díaz, Macarena.
38. **Experiencing service learning in design-based partnerships through collective practice. *Aprendizaje-servicio en proyectos comunitarios a través de la práctica colectiva.*** Martínez-Almoyna Gual, Carles.
39. **Aprendizaje basado en proyectos: estudio de casos reales en la asignatura de Geometría. *Project-based learning: study of real cases in the subject of Geometry.*** Quintilla-Castán, Marta.
40. **El sílabo como dispositivo de [inter]mediación pedagógica. *Syllabus as pedagogical [inter]mediation device.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Robles-Pedraza, David.
41. **Didáctica en arquitectura: el dato empírico ambiental como andamiaje de la creatividad. *Didactics in architecture: the empirical environmental data as a support for creativity.*** Lecuona, Juan.
42. **Navegar la posmodernidad arquitectónica española desde una perspectiva de género. *Surfing the Spanish architectural postmodernity from a gender perspective.*** Díaz-García, Asunción; Parra-Martínez, José; Gilsanz-Díaz, Ana; Gutiérrez-Mozo, M. Elia.
43. **Encontrar: proyectar con materiales y objetos comunes como herramienta docente. *Found: designing with common materials and objects as a teaching tool.*** Casino-Rubio, David; Pizarro-Juanas, María José; Rueda-Jiménez, Óscar; Ruiz-Bulnes, Pilar.
44. **Modelo pedagógico para el primer curso: competencias para la resolución de problemas abiertos. *Pedagogical model for the first year of undergraduate studies: development of open problem solving skills.*** Gaspar, Pedro; Spencer, Jorge; Arenga, Nuno; Leite, João.
45. **Dispositivos versus Simuladores en la iniciación al proyecto arquitectónico. *Devices versus Simulators in the initiation to the architectural project.*** Lee-Camacho, Jose Ignacio.

46. **Implementación de metodologías de Design Thinking en el Taller de Arquitectura. *Implementation of Design Thinking methodologies in the Architectural Design Lab.*** Sádaba, Juan; Collantes, Ezekiel.
47. **Jano Bifronte: el poder de la contradicción. *Jano Bifronte: the power of contradiction.*** García-Sánchez, José Francisco.
48. **Vitruvio nos mira desde lejos: observar y representar en confinamiento. *Vitruvio Looks at us from Afar: Observing and Representing in Confinement.*** Quintanilla Chala, José Antonio; Razeto Cáceres, Valeria.
49. **Muro Virtual como herramienta de aprendizaje para la enseñanza colaborativa de un taller de arquitectura. *Virtual Wall as a learning tool for collaborative teaching in an architecture workshop.*** Galleguillos-Negroni, Valentina; Mazzarini-Watts, Piero; Harriet, De Santiago, Beatriz; Aguilera-Alegría, Paula.
50. **Ritmos Espaciales: aprender jugando. *Ritmos Espaciales: Learn by playing.*** Pérez-De la Cruz, Elisa; Ortega-Torres, Patricio; Galdames-Riquelme, Alejandra Silva- Inostroza, Valeria.
51. **Experiencias metodológicas para el análisis del proyecto de arquitectura *Methodological experiences for architectural project analysis.*** Aguirre-Bermeo, Fernanda; Vanegas-Peña, Santiago.
52. **Fabricando paisajes: el estudio del arquetipo como forma de relación con el territorio. *Making landscapes: the study of the archetype as a way of relating to the territorys.*** Cortés-Sánchez, Luis Miguel.
53. **Resonar en el paisaje: formas de reciprocidad natural-artificial desde la arquitectura. *Landscape resonance: natural-artificial reciprocities learnt from architecture.*** Carrasco-Hortal, Jose.
54. **Investigación del impacto del Solar Decathlon en estudiantes: análisis de una encuesta. *Researching the impact of the Solar Decathlon on students: a survey analysis.*** Amaral, Richard; Arranz, Beatriz; Vega, Sergio.
55. **Urban Co-Mapping: exploring a collective transversal learning model. *Urban Co-mapping: modelo de aprendizaje transversal colectivo.*** Toldi, Aubrey; Seve, Bruno.
56. **Docencia elástica y activa para una mirada crítica hacia el territorio y la ciudad del siglo XXI. *Elastic and active teaching for a critical approach to the territory and the city oaf the 21st century.*** Otamendi-Irizar, Irati; Aseguinolaza-Braga, Izaskun.
57. **Adoptar un rincón: taller de mapeo y acción urbana para estudiantes de arte. *Adopting a corner: mapping and urban action workshop for art students.*** Rivas-Herencia, Eugenio; González-Vera, Víctor Miguel.

58. **Aprendizaje-Servicio: comenzar a proyectar desde el compromiso social.**  
*Service-Learning: Start designing from social engagement.* Amoroso, Serafina;  
Martínez-Gutiérrez, Raquel; Pérez-Tembleque, Laura.
59. **Emergencia habitacional: interrelaciones entre servicio público y academia en Chile.**  
*Housing emergency: interrelations between public service and academia in Chile.* Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Schmidt-Gomez, Denisse.
60. **Optimización energética: acercando la práctica profesional a distintos niveles educativos.**  
*Energy optimization: bringing professional practice closer to different educational levels.* López-Lovillo, Remedios María; Aguilar-Carrasco, María Teresa; Díaz-Borrogo, Julia; Romero-Gómez, María Isabel.
61. **Aprendizaje transversal en hormigón.**  
*Transversal learning in concrete.* Ramos-Abengózar, José Antonio; Moreno-Hernández, Álvaro; Santolaria-Castellanos, Ana Isabel; Sanz-Arauz, David.
62. **Un viaje como vehículo de conocimiento del Patrimonio Cultural.**  
*A journey as a vehicle of knowledge about Cultural Heritage.* Bailliet, Elisa.
63. **La saga del Huerto Vertical de Tomé: ejecución de proyectos académicos como investigación.**  
*The saga of the Vertical Orchard of Tome: execution of academic projects as research.* Araneda-Gutiérrez, Claudio; Burdiles-Allende, Roberto.
64. **Lo uno, y también lo otro: contenedor preciso, programa alterno.**  
*The one, and also the other: precise container, alternate program.* Castillo-Fuentealba, Carlos; Gatica-Gómez, Gabriel.
65. **Elogio a la deriva: relatos del paisaje como experiencias de aprendizajes.**  
*In praise of drift: landscape narratives as learning experiences.* Barrale, Julián; Seve, Bruno.
66. **De la academia al barrio: profesionales para las oficinas de cercanía.**  
*From the academy to the neighbourhood: professionals for one-stop-shops.* Urrutia del Campo, Nagore; Grijalba Aseguinolaza, Olatz.
67. **Habitar el campo, cultivar la casa: aprendizaje- servicio en el patrimonio agrícola.**  
*Inhabiting the field, cultivating the house: service-learning in agricultural heritage.* Escudero López, Elena; Garrido López, Fermina; Urda Peña, Lucila
68. **Mare Nostrum: una investigación dibujada.**  
*Nostrum Mare: a Drawn Research.* Sánchez-Llorens, Mara; de Fontcuberta-Rueda, Luis; de Coca-Leicher, José.
69. **El Taller Invitado: un espacio docente para vincular profesión y formación.**  
*“El Taller Invitado”: a teaching space to link profession and education.* Barrientos-Díaz, Macarena Paz; Solís-Figueroa, Raúl Alejandro.

70. **Ensayos y tutoriales en los talleres de Urbanismo+Proyectos de segundo curso. *Rehearsals and tutorials in the second year Architecture+Urban design Studios.*** Tiñena Guiarnet, Ferran; Solans Ibáñez, Indibil; Buscemi, Agata; Lorenzo Almeida, Daniel.
71. **Taller Amereida: encuentros entre Arquitectura, Arte y Poesía. *Taller Amereida: encounters between Architecture, Art and Poetry.*** Baquero-Masats, Paloma; Serrano-García, Juan Antonio.
72. **Crealab: punto de encuentro entre los estudiantes de arquitectura y secundaria. *Crealab: meeting point between architecture and high-school students.*** Cobeta-Gutiérrez, Íñigo; Sánchez-Carrasco, Laura; Toribio-Marín, Carmen.
73. **Laboratorios de innovación urbana: hacia nuevos aprendizajes entre academia y profesión. *Urban innovation labs: towards new learning experiences between academia and profession.*** Fontana, María Pia; Mayorga, Miguel; Genís-Vinyals, Mariona; Planelles-Salvans, Jordi.
74. **Réplicas interiores: un atlas doméstico. *Interior replicas: a domestic atlas.*** Pérez-García, Diego; González-Pecchi, Paula.
75. **Arquitectura efímera desde la docencia del proyecto: la construcción del proyecto en la ciudad. *Ephemeral architecture from teaching of the project: construction of the project in the city.*** Ventura-Blanch, Ferran; Pérez del Pulgar Mancebo, Fernando; Álvarez Gil, Antonio.
76. **Start-up Education for Architects: Fostering Green Innovative Solutions. *Educación Start-up para arquitectos: fomentar soluciones ecológicas innovadoras.*** Farinea, Chiara; Demeur, Fiona.
77. **10 años, 10 concursos, 10 talleres: un camino de desarrollo académico. *10 years, 10 contests, 10 design studios: a trail in academic development.*** Prado-Lamas, Tomás.
78. **El Proyecto Experiencial: la titulación de arquitectos a través de proyectos no convencionales. *“El Proyecto Experiencial”: non-conventional projects for architecture students in the final studio.*** Solís-Figueroa, Raúl Alejandro.
79. **Design in Time: aprendizaje colaborativo y basado en el juego sobre la historia del diseño. *Design in Time: collaborative and game-based learning about the history of design.*** Fernández Villalobos, Nieves; Cebrián Renedo, Silvia; Fernández Raga, Sagrario; Cabrero Olmos, Raquel.
80. **Propuesta de mejora de los indicadores de calidad de la enseñanza de la arquitectura. *Proposal to improve the quality indicators of architecture teaching.*** Santalla-Blanco, Luis Manuel.

81. **Aprender de la experiencia: el conocimiento previo en la formación inicial del arquitecto. *Learning from experience: The role of prior knowledge in the initial training of architects.*** Arias-Jiménez, Nelson; Moraga-Herrera, Nicolás; Ortiz-Salgado, Rodrigo; Ascui Fernández, Hernán.
82. **Iluminación natural: diseño eficiente en espacios arquitectónicos. *Daylight: efficient design in architectural spaces.*** Roldán-Rojas, Jeannette; Cortés-San Román, Natalia.
83. **Fundamentación en arquitectura: el estado de la cuestión. *Architecture basic course: state of knowledge.*** Estrada-Gil, Ana María; López Chalarca, Diego; Suárez-Velásquez, Ana Mercedes; Uribe-Lemarie, Natalia.
84. **El cálculo de la huella de carbono en herramientas digitales de diseño: reflexiones sobre experiencias docentes. *Calculating the carbon footprint in design digital tools: reflections on teaching experiences.*** Soust-Verdaguer, Bernardette; Gómez de Cózar, Juan Carlos; García-Martínez, Antonio.

# El cálculo de la huella de carbono en herramientas digitales de diseño: reflexiones sobre experiencias docentes

## *Calculating the carbon footprint in design digital tools: reflections on teaching experiences*

Soust-Verdaguer, Bernardette; Gómez de Cózar, Juan Carlos; García-Martínez, Antonio

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad de Sevilla, España. [bsoust@us.es](mailto:bsoust@us.es); [gcozar@us.es](mailto:gcozar@us.es); [agarcia6@us.es](mailto:agarcia6@us.es)

---

### **Abstract**

*This teaching experience works on collective housing projects developed by the students, in which a process of evaluation of the carbon footprint is developed using digital tools and identification of possible improvements for the results obtained. This exercise involves the integration of the calculation of the carbon footprint using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, as well as the awareness of the impacts generated by the different systems, elements and materials that make up the building. The aim of this is to stimulate a physical and tangible approach to the calculation of the carbon footprint incorporated into the architectural design, where the implications of the design, the volumetry of the building, the importance of optimisation in the design of the different systems that make up the building, as well as the selection of materials can be identified.*

**Keywords:** *project-based learning, life cycle assessment, carbon footprint.*

**Thematic areas:** *construction technology, ICT tools (HT), environmental technology.*

---

### **Resumen**

*La presente experiencia docente trabaja sobre proyectos de vivienda colectiva desarrollados por el alumnado, en los cuales se desarrolla un proceso de evaluación de la huella de carbono utilizando herramientas digitales y de identificación de posibles mejoras para los resultados obtenidos. Este ejercicio que implica la integración del cálculo de la huella de carbono utilizando la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), así como la toma de conciencia de los impactos generados por los diferentes sistemas, elementos y materiales que componen el edificio. El objetivo de esto se centra en estimular la aproximación física y tangible del cálculo de la huella de carbono incorporado al diseño arquitectónico, donde se puedan identificar las implicaciones del diseño, la volumetría del edificio, la importancia de la optimización en el diseño de los diferentes sistemas que componen el edificio, así como de la selección de los materiales.*

**Palabras clave:** *aprendizaje basado en proyectos, análisis del ciclo de vida, huella de carbono.*

**Bloques temáticos:** *tecnología de la construcción, herramientas TIC (HT), tecnología medioambiental.*

---

**Resumen datos académicos**

**Titulación:** Máster Oficial en Innovación en Arquitectura: Ciencia y Tecnología

**Nivel/curso dentro de la titulación:** Máster

**Denominación oficial asignatura, experiencia docente, acción:** Parte del ejercicio Módulo 3

**Departamento/s o área/s de conocimiento:**

Departamento de Construcciones Arquitectónicas I

Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno.

Departamento de Proyectos Arquitectónicos

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Departamento de Historia, Teoría y Composición Arquitectónica.

Departamento de Física Aplicada.

Departamento de Matemática Aplicada.

**Número profesorado:** 35

**Número estudiantes:** 30 plazas ofertadas

**Número de cursos impartidos:** 12

**Página web o red social:** <http://www.miatd.org/>

**Publicaciones derivadas:** <http://www.miatd.org/publicaciones.html>



## **Introducción**

El panorama actual en relación con las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y sus consecuencias a corto y medio plazo se presenta extremadamente desafiante (International Energy Agency, 2019). En este contexto, el sector de la construcción desempeña un papel crucial, siendo responsable del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (International Energy Agency, 2019). Las estrategias internacionales actuales en torno a la sostenibilidad, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas ((Naciones Unidas, 2019) y europeas como el “Green Deal” (Comisión Europea, 2019), plantean cambios radicales en nuestro modelo de desarrollo. Estas transformaciones se vuelven aún más urgentes en vista de las predicciones y evidencias científicas relacionadas con los efectos del cambio climático. Además, es esencial implementar medidas efectivas e innovadoras que generen cambios significativos. Esto requiere el desarrollo de estrategias que ayuden a predecir y reducir los impactos desde las etapas iniciales de los proyectos (Meex et al., 2018). En el contexto actual de España, instrumentos como la Ley de Cambio Climático (Ley 7/2021, 2021) y las Estrategias de Descarbonización (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) se centran principalmente en medidas que se limitan a la rehabilitación energética de los edificios y a la reducción de la huella de carbono derivada del consumo energético en la fase operacional. Sin embargo, este enfoque en la mejora de la eficiencia energética en el sector de la edificación se agotará cuando se alcancen estándares de consumo energético casi nulo o cuando se logre la utilización de fuentes renovables para el suministro de energía en la fase operacional.

De modo que para alcanza objetivos tan ambiciosos como la neutralidad de estas emisiones en el año 2050 será necesario implementar la reducción progresiva y absoluta de las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono tanto incorporada como operacional) de todas las actividades que desarrollamos. La huella de carbono incorporado constituye la relacionada con los materiales y productos que se instalan en el edificio, incluyendo procesos como la fabricación, construcción, transportes, entre otros. Mientras que la huella de carbono operacional depende de la utilización de recursos como la energía y el agua durante la fase de uso del edificio. Para ello la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) resulta de vital importancia, dado que la “huella de carbono constituye la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero y remociones de gases de efecto invernadero en un sistema producto, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente y basadas en esta metodología (ACV) utilizando como única categoría de impacto el cambio climático (CC) o potencial de calentamiento global” (PCG) (ISO, 2013).

Esto pone en evidencia la relevancia de incluir tanto la cuantificación de los impactos incorporados y como operacionales desde la fase de diseño. Es ahí donde cobra importancia la necesidad de minimizar los materiales a emplear, lo cual tiene mucho que ver con la optimización del diseño desde todos los puntos de vista, así como a aprender a elegir la forma (geometría) más correcta para cada solución arquitectónica, sin dejar de lado aspectos funcionales y simbólicos. Para minimizar la energía que se consume durante la construcción del edificio es necesario contar con sistemas constructivos que mejoren su comportamiento (diseño, fabricación, ejecución y uso). Con este planteamiento, la construcción ligera es una opción factible ya que, por definición, minimiza la cantidad de materiales a emplear. En ese sentido trabajos como Housing Footprint (Rizzotti, 2022) demuestran la potencialidad de este tipo de sistemas para reducir huella de carbono que generan los edificios, utilizando en ACV como metodología para calcular la huella de carbono de edificios de vivienda. A su vez se demuestra que en algunos de estos sistemas los valores obtenidos de la huella de carbono en fase de producto, pueden reducirse considerablemente frente a los valores de referencia generales a

nivel europeo que definen Röck & Sørensen, (2022). Estos valores incluyen tanto sistemas basados en sistemas pesados como ligeros.

Actualmente en la práctica arquitectónica existe una limitada preocupación por estos aspectos que afectan directamente a los impactos incorporados, y que están directamente vinculados a las cantidades y tipo materiales empleados. Pero las actuales tendencias indican que esto se irá modificando en los próximos años, entre otras cosas motivados por instrumentos normativos como la nueva versión de la Directiva Europea relativa a la eficiencia energética de los edificios, EPBD (Parlamento Europeo, 2023). Esta propone el cálculo de las emisiones de carbono a lo largo de la vida útil de los edificios, lo cual implica la estimación tanto de la huella de carbono incorporada como de la huella de carbono operacional. En el campo de las certificaciones ambientales de edificios las metodologías de ACV ya está siendo incorporadas como parte de los procesos de evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios (Level(s), 2017; VERDE; DGNB, 2019). Este cálculo y su declaración se están integrando actualmente en normativas y requerimientos de los proyectos arquitectónicos de varios países europeos, como Suecia (Klimatdeklaration för byggnader, 2020) y los Países Bajos (MilieuPrestatie Gebouwen - MPG, 2017).

En España, los principales obstáculos que limitan la utilización del cálculo de huella de carbono incorporada como instrumentos de diseño, radican en la falta de formación para crear una capacidad técnica interna para implementar el ACV en la práctica, así como también la falta de instrumentos lo suficientemente robustos que ayuden a los técnicos a utilizar correctamente la metodología, minimizando los errores para que el ACV sea utilizado desde fase de diseño (IEA EBC Annex 72, 2017).

El Máster en Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño (MIATD) de la Universidad de Sevilla se propone abordar estas necesidades al reflexionar sobre estos desafíos y al proporcionar un programa educativo que promueve un enfoque arquitectónico basado en soluciones ligeras y de rápida implementación. Estas soluciones incluyen estrategias de acondicionamiento tanto pasivo como activo, con el objetivo de reducir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los edificios. Este máster establece un marco ideológico para la práctica de la arquitectura, basado en el conocimiento tecnológico y en el profundo entendimiento de las tecnologías que respaldan el campo de la arquitectura. Proporciona a los estudiantes herramientas integrales que abarcan todo el proceso arquitectónico, desde la fase de diseño hasta la construcción y la gestión, lo que resulta esencial en la práctica de la arquitectura."

## **1. Objetivos y principios didácticos**

A nivel instrumental, el curso se apoya fundamentalmente en el uso de la metodología BIM (Building Information Modelling) como hilo conductor en la fase proyectiva, como base de los procesos de simulación de las diferentes decisiones de proyecto y como plataforma fundamental de definición de la edificación. El uso de software específicos, mayoritariamente interoperables con BIM, se centra en el desarrollo de diseño paramétrico, túnel de viento virtual, simulaciones energéticas (demanda energética en fase de uso), control de la incidencia de la radiación solar, simulaciones de iluminación natural, cálculo de la huella de carbono e impactos ambientales (incorporados y operacionales).

Los contenidos del curso en los que se apoya esta metodología se desarrollan en primera instancia a nivel teórico en clases expositivas. Durante estas clases, se muestra al alumno, entre otras cosas, información teórica sobre el uso de las herramientas, su aplicación desde un

enfoque práctico y los principios fundamentales necesarios para comprender, analizar los resultados obtenidos y emplearlos en la toma de decisiones en la fase de proyecto. Finalmente, se propone su utilización en un ejercicio del módulo 3, para consolidar el aprendizaje y para que se fomente la experimentación y reflexión durante la fase proyectiva.

Este trabajo presenta una serie de reflexiones sobre la experiencia docente que incluye la estimación de la huella de carbono generada por los edificios durante la fase de proyecto. Este ejercicio práctico se llevó a cabo en el marco del módulo 3 del máster y planteó diversos desafíos, como el uso de herramientas digitales para el cálculo de la huella de carbono, la interpretación de los resultados y la aplicación de estos datos para mejorar y optimizar el diseño del edificio en la fase de proyecto.

## **2. Metodología desarrollada / Desarrollo del ejercicio**

Uno de los objetivos principales del máster es promover soluciones constructivas que contribuyan a la reducción de los impactos ambientales generados por los edificios. Esto se logra principalmente a través de dos enfoques. El primero está relacionado con la implementación de tecnologías, especialmente sistemas prefabricados, ligeros y de rápido montaje, que favorezcan la circularidad y reciclabilidad de los edificios. El segundo enfoque involucra el uso de herramientas informáticas para el diseño, que permiten la simulación y el cálculo de diversos parámetros, incluyendo la huella de carbono (utilizando la categoría de impacto Potencial de Calentamiento Global (PCG)) basados en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

En concreto las actividades y metodologías descritas a continuación recogen los aprendizajes derivados en las últimas tres ediciones del máster (2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023), para llevar adelante el cálculo de la huella de carbono que generan los edificios. La metodología docente para el desarrollo del ejercicio se centra en el trabajo grupal, generalmente formado por tres o cuatro alumnos. Este ejercicio, llevado a cabo en el módulo 3 del máster, implica el desarrollo de un proyecto de edificio de viviendas situado en una ubicación específica en la provincia de Sevilla. Para llevar a cabo este ejercicio, se propone que los alumnos trabajen de manera colaborativa, utilizando diversas herramientas informáticas para calcular estructuras, simular la influencia de los vientos en el edificio y su entorno, estimar la demanda energética y evaluar la huella de carbono. El ejercicio tiene una duración de aproximadamente 23 semanas y se apoya en dos talleres que consisten en 4 sesiones de corrección y orientación para los alumnos. Finaliza con una exposición oral que dura aproximadamente de 20 a 30 minutos, en la cual se presenta el proceso y los resultados obtenidos. Durante la exposición, se lleva a cabo una sesión crítica en la que participan profesores de diferentes departamentos, (como proyectos arquitectónicos, estructuras, expresión gráfica y construcciones arquitectónicas), y que tiene por objetivo evaluar las propuestas de manera integral.

## **3. Descripción de las experiencias realizadas**

Durante las ediciones de los años 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023, se ha incorporado un nuevo requisito al ejercicio: el uso de herramientas informáticas para calcular la huella de carbono en proyectos de construcción basados en la metodología BIM (Building Information Modeling). Esto se logra a través del empleo de software especializado como Tally (KT Innovations & Autodesk, 2014), un complemento con licencia educativa diseñado para su integración con Autodesk Revit. La elección de esta herramienta se basa principalmente en su facilidad de uso

y capacidad para generar informes detallados con gráficos desglosados por fases, materiales y elementos constructivos, lo que resulta sumamente útil en la fase de diseño del proyecto.

Es importante destacar que esta herramienta también calcula los impactos ambientales, incluida la huella de carbono, utilizando la categoría de Potencial de Calentamiento Global (GWP) de acuerdo con la norma EN 15978 (CEN EN, 2011). Sin embargo, es relevante mencionar un inconveniente, ya que los datos ambientales utilizados no reflejan completamente los valores representativos del contexto de España, ya que se han centrado principalmente en datos de otros países. Esta elección se ha tomado debido a la falta de herramientas similares adaptadas al contexto español para la realización de este ejercicio.

A lo largo del curso, los estudiantes reciben formación en el uso de estas herramientas, así como en la interpretación de los resultados y la implementación de estrategias para reducir la huella de carbono generada por los edificios a lo largo de su ciclo de vida. Esto les permite aproximarse a la evaluación de los impactos desde las fases iniciales del proyecto. En el marco de este máster, se propone que los estudiantes utilicen herramientas digitales durante la fase de diseño para evaluar y simular el comportamiento del edificio. Esto incluye simulaciones de vientos, estimaciones de la demanda energética, cálculos estructurales y la evaluación de la huella de carbono para optimizar el diseño de manera integral.

Se espera que los estudiantes integren el uso de estas herramientas en la toma de decisiones en el proyecto, como la selección de la ubicación del edificio, la definición de la geometría, los detalles constructivos y la elección de materiales. Durante la presentación de los resultados, los estudiantes demostrarán cómo han guiado el proceso de diseño del edificio utilizando estas herramientas informáticas. Esto puede incluir, por ejemplo, la optimización de la geometría para reducir la demanda energética del edificio o la optimización del diseño estructural para reducir la cantidad de materiales utilizados, entre otros aspectos.

En lo que respecta al cálculo de la huella de carbono incorporado, esta es una experiencia novedosa para los estudiantes, ya que deben trabajar con datos cuantitativos durante la fase de diseño y utilizarlos estratégicamente para reducir la huella de carbono del edificio que están creando.

### *3.1 Experiencia durante el curso 2022-2023*

Durante el curso 2022-2023, un total de 5 grupos, formados por al menos 3 alumnos, participaron en este ejercicio. Esta edición del ejercicio se llevó a cabo en la localidad de Camas, Sevilla. En lo que respecta al uso de la herramienta y su implementación en el entorno BIM, es importante destacar que su aplicación requiere que el modelo BIM del edificio alcance un nivel de desarrollo medio (LOD - Level Of Development (BIM Forum, 2020)) (Soust-Verdaguer et al., 2017). Este nivel de desarrollo permite orientar el diseño desde varias etapas del proyecto. La primera etapa se centra en las fases más tempranas, donde es posible explorar diversas hipótesis de materialidad en sistemas como la estructura, que es uno de los que tiene un mayor impacto ambiental (Soust-Verdaguer et al., 2021). La segunda etapa permite realizar estimaciones de impacto en fases más detalladas, lo que se acerca a los valores reales de impacto del edificio y ayuda a definir materiales de acabados y cerramientos.

En los trabajos realizados por los alumnos, se observó el uso de ambas estrategias. Por ejemplo, en el caso del Grupo 2 (ver Figura 1), los estudiantes utilizaron la herramienta de cálculo de la huella de carbono incorporado para respaldar su elección de material en la estructura. Compararon tres opciones de materiales y seleccionaron la que generaba menos impacto

ambiental. Para ello, crearon un modelo BIM del edificio con un nivel de detalle cercano a un LOD 200 (BIM Forum, 2020).

Por otro lado, otros grupos, como el Grupo 3 (ver Figura 2), llevaron a cabo el cálculo de la huella de carbono incorporado utilizando un modelo BIM con un nivel de detalle mayor, aproximándose a un LOD 300 (BIM Forum, 2020). Esto les permitió estimar con mayor precisión los impactos de los sistemas principales que componen el edificio, incluyendo la estructura, los acabados, las particiones y la envolvente del edificio."

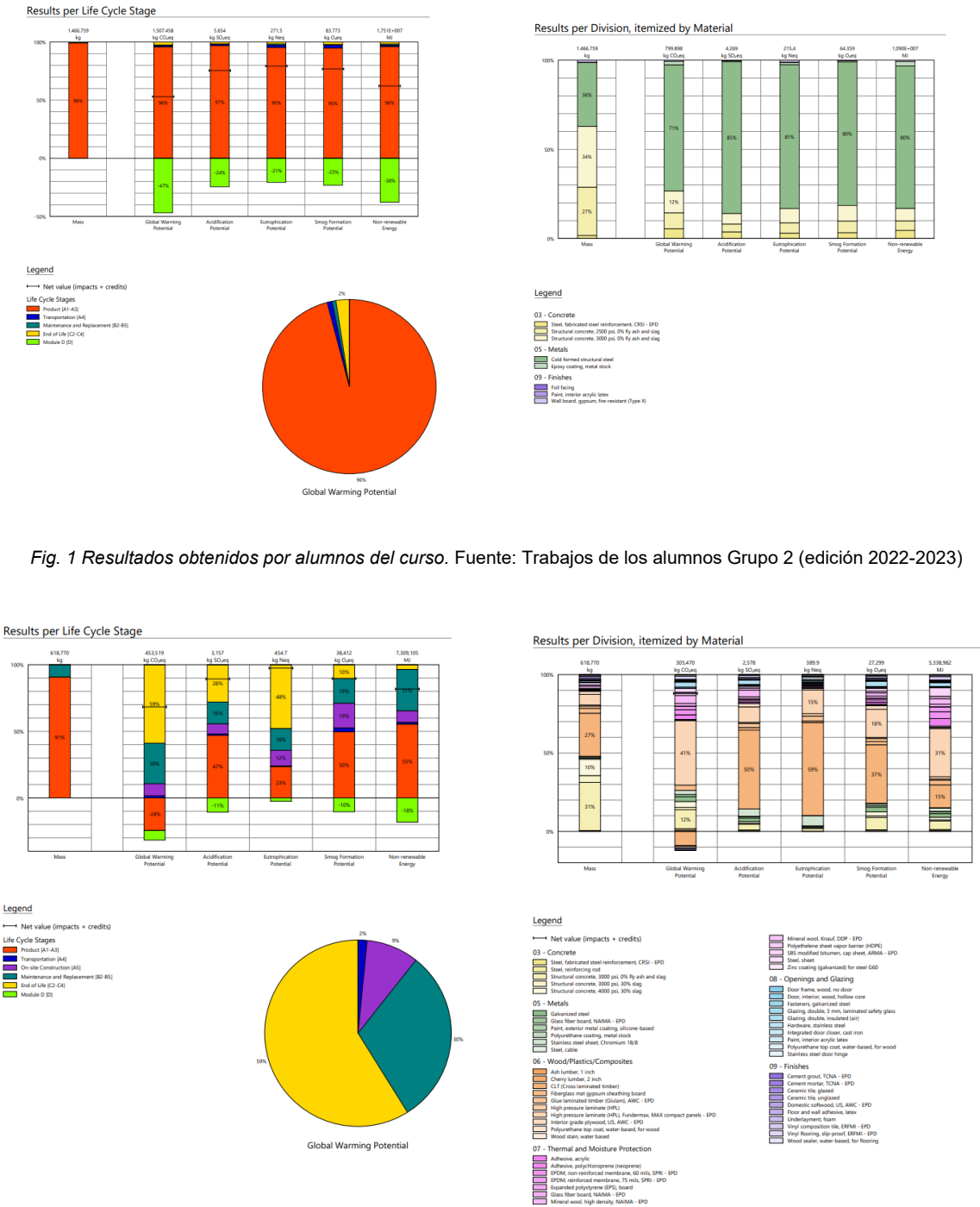


Fig. 1 Resultados obtenidos por alumnos del curso. Fuente: Trabajos de los alumnos Grupo 2 (edición 2022-2023)

Fig. 2 Resultados obtenidos por alumnos del curso. Fuente: Trabajos de los alumnos Grupo 3 (edición 2022-2023)

En general, los resultados obtenidos por los alumnos utilizando la herramienta Tally (KT Innovations & Autodesk, 2014), se ubicaron dentro del rango de los valores de referencia comunes a nivel europeo, es decir, entre 400 y 800 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> para la huella de carbono incorporado (Röck & Sørensen, 2022). En la mayoría de los casos, se lograron valores inferiores a estos, más cercanos a los obtenidos en estudios de referencia que se han enfocado en sistemas ligeros y de montaje rápido, como se observa en el trabajo de Rizzotti, (2022).

#### 4. Lecciones aprendidas

La propuesta se distingue por su enfoque innovador al introducir una dimensión adicional en la consideración del diseño de edificios. La evaluación de los trabajos de los alumnos confirma que se ha logrado el propósito del ejercicio. A continuación, se detalla el grado de cumplimiento de estos objetivos y su relación con los desafíos planteados en el ejercicio.

En lo que respecta al empleo de herramientas digitales para cuantificar la huella de carbono mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) desde la fase de proyecto, es evidente un creciente interés por parte de los alumnos y una mejora constante en su competencia para utilizar estas herramientas. A lo largo de las diferentes ediciones del máster, se ha otorgado una mayor atención a la capacitación en el uso de estas herramientas, lo que ha resultado en un notable avance en las habilidades de los estudiantes.

En cuanto a la adopción de un enfoque de ciclo de vida como estrategia para reducir la huella de carbono en edificios y la utilización de los datos para perfeccionar el diseño, los trabajos presentados revelan que este enfoque no es necesariamente una prioridad en el desarrollo del ejercicio. En algunos casos, se observa que el énfasis recae más en criterios cualitativos relacionados con la elección de materiales y tecnologías, en lugar de aprovechar plenamente los resultados como una herramienta para optimizar el diseño. Una de las posibles razones para esto puede ser la falta de valores límite o referencias en el marco normativo actual que orienten la toma de decisiones utilizando esta variable. En este contexto, el proyecto INDICATE (INDICATE, 2023) se encuentra en proceso de establecer estos valores y rangos de referencia específicos para el contexto de España. Su futura implementación se prevé que contribuirá a una optimización más precisa y a una interpretación mejorada de los resultados, así como a la armonización y transparencia en las opciones metodológicas para realizar los cálculos (incluyendo la adopción de criterios comunes e hipótesis de cálculo).

Otra de las cuestiones constituye la limitada existencia de trabajos específicos sobre referentes arquitectónicos que aborden esta cuestión desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Uno ejemplo de ello lo constituye el trabajo Housing footprint (Rizzotti, 2022) que analizamos en el curso, que se centra en ejemplos contemporáneos de viviendas unifamiliares y plurifamiliares, tales como la *Maison Demontable* de Jean Prouvé y Pierre Jeanneret, la *Wichita house* de Buckminster Fuller, la *Case Study House N°8* de Charles and Ray Eames, *Diogenes* de Renzo Piano Renzo Piano y RPBW, *System 03* de Oskar Leo Kauffmann y Albert Rűf, *la Promesse de l'Aube* de Moonarchitectures, o *BBB Kvistard* de Vandkusten Architects, entre otros. Este tipo de trabajos ayuda al alumno a conectar las diferentes dimensiones del proyecto, donde se puede visualizar los impactos incorporados que generan cada una de las partes que componen los edificios y contribuyen a integrar la estimación de la huella de carbono en el proceso creativo del edificio. Actualmente a nivel nacional este tipo de documentos o publicaciones aún no existe, resultando de gran utilidad su futuro desarrollo e incorporación en la enseñanza de esta temática.

Además, es importante destacar la relevancia de contar con herramientas que al mismo tiempo de ofrecerle al usuario una interfaz intuitiva y amigable, aporten datos de la huella de carbono (tanto incorporado como operacional) que resulten representativos para el contexto de España y

que ayuden a interpretar y validar los datos obtenidos. Así como también ayuden a concebir a esta variable como un instrumento de diseño y de ayuda a la toma de decisiones. Esto puede ser posible a través del desarrollo de herramientas que incorporen tanto opciones metodológicas y como datos ambientales sobre materiales y productos de la construcción que sean representativos para el contexto de España, ajustando por ejemplo al uso de la tecnología a la demanda de energía eléctrica al mix energético nacional.

## Conclusiones

La descarbonización en el sector de la construcción y la edificación plantea desafíos de gran envergadura que exigen el uso de herramientas innovadoras para abordarlos. En el caso de la experiencia que presentamos, se pone de manifiesto la complejidad inherente a esta tarea y la imperativa necesidad de incorporar la dimensión ambiental, en particular, la cuantificación de la huella de carbono, en el proceso de concepción de los edificios.

A lo largo del tiempo, la experiencia docente ha ido evolucionando y adaptándose en consonancia con las necesidades y demandas de los estudiantes. A través de sucesivas ediciones del curso, hemos obtenido retroalimentación tanto de la enseñanza y presentación de contenidos como de experiencias docentes internacionales. Los resultados de esta experiencia reflejan la capacidad de los estudiantes para incorporar, en mayor o menor medida, una perspectiva crítica respecto a la incorporación de esta nueva variable de diseño.

Hemos constatado un aumento en el uso de herramientas basadas en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para calcular la huella de carbono, en línea con el incremento de competencias relacionadas con el manejo de herramientas digitales. Sin embargo, aún persisten desafíos en lo que respecta a la interpretación de los resultados y su aplicación como instrumento de diseño, lo cual continúa siendo limitado. Para avanzar en la dirección deseada y reducir la huella de carbono de los edificios, es esencial explorar diferentes enfoques para guiar la fase de diseño y consolidar el uso de esta métrica como una herramienta integral en el proceso de diseño arquitectónico."

## 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a los alumnos y profesores de las ediciones 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023 del Máster en Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño de la Universidad de Sevilla y la proyecto INDICATE por el apoyo financiero prestado para este trabajo.

## 6. Bibliografía

Portal Oficial de BIM Forum. <<https://bimforum.org/>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

Portal Oficial de Level(s). <[https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en)> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

CEN EN. 2011. *Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method*. EN 15978:2011. Bruselas: CEN.

Portal oficial de Herramienta VERDE de GBCe. <<http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

Parlamento Europeo. *Amendments 14/03/2023 for Energy Performance of Buildings Directive (recast)*. <[https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068\\_EN.html#title1](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_EN.html#title1)> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

Comisión Europea. *The European Green Deal*. <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

Portal oficial de Klimatdeklaration för byggnader. <<https://www.nj.se/offentligapublikationer>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].

- Portal oficial de INDICATE project . <<https://www.indicatedata.com/>>. [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Portal oficial de IEA EBC ANNEX 72. <<http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-72/>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- International Energy Agency. *Global status report for buildings and construction 2019*. <<http://doi.org/10.1038/s41370-017-0014-9>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- ISO. 2013. *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication*. ISO 14067:2013. Ginebra: ISO.
- Portal oficial de MilieuPrestatie Gebouwen - MPG. <<https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/milieuprestatie-gebouwen-mpg>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Portal oficial de Tally-Autodesk. <<http://choosetally.com/>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Meex, E., Hollberg, A., Knapen, E., Hildebrand, L., & Verbeeck, G. 2018. "Requirements for applying LCA-based environmental impact assessment tools in the early stages of building design" en *Building and Environment*, 133, 228-236. <<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.016>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Jefatura del Estado. Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2020. *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética*. (BOE núm. 121, de 21 de mayo de 2021) 62009-62052.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2020. *Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050. Marco Estratégico de Energía y Clima*. <[https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts\\_es\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_es_es.pdf)> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Rizzotti, P. 2022. *Housing Footprint - Light and low Carbon Construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal.
- Röck, M., & Sørensen, A. 2022. *Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe #2 Setting the baseline: A bottom-up approach*. <<https://vbn.aau.dk/en/publications/towards-embodied-carbon-benchmarks-for-buildings-in-europe-2-sett>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Soust-Verdaguer, B., Bernardino Galeana, I., Llatas, C., Montes, M. V., Hoxha, E., & Passer, A. 2021. "How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method" en *Journal of Building Engineering*, 45, 103516. <<https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103516>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & García-Martínez, A. 2017. "Critical review of BIM-based LCA method to buildings" en *Energy and Buildings*, 136(1), 110-120. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- DGNB. 2019. *Certificate for Sustainable and Green Building*. <<https://www.dgnb.de/>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].
- Naciones Unidas. 2019. *The Sustainable Development Goals Report 2019*. <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>> [Consulta: 15 de septiembre de 2023].