

JIDA'21

IX JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'21

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'21

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE VALLADOLID
11 Y 12 DE NOVIEMBRE DE 2021



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

GILDA GRUP PER A LA INNOVACIÓ
I LA LOGÍSTICA DOCENT
EN ARQUITECTURA

Organiza e impulsa GILDA (Grupo para la Innovación y Logística Docente en la Arquitectura), en el marco del proyecto RIMA (Investigación e Innovación en Metodologías de Aprendizaje), de la **Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC)** y el Institut de Ciències de l'Educació (ICE). <http://revistes.upc.edu/ojs/index.php/JIDA>

Editores

Daniel García-Escudero, Berta Bardí i Milà

Revisión de textos

Alba Arboix, Jordi Franquesa, Joan Moreno

Edita

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

ISBN 978-84-9880-969-5 (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'21

Dirección y edición

Berta Bardí i Milà (UPC)

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

Daniel García-Escudero (UPC)

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

Organización

Nieves Fernández Villalobos (UVA)

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

Jordi Franquesa (UPC)

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

Joan Moreno Sanz (UPC)

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

Gemma Ramón-Cueto (UVA)

Dra. Arquitecta, Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánica de los Medios continuos y Teoría de Estructuras, Secretaria Académica ETSAVA

Jorge Ramos Jular (UVA)

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

Judit Taberna (UPC)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Coordinación

Alba Arboix

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

Comunicación

Eduard Llorens i Pomés

ETSAB-UPC

Comité Científico JIDA'21

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Eusebio Alonso García

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

Darío Álvarez Álvarez

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

Antonio Álvaro Tordesillas

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

Atxu Amann Alcocer

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Javier Arias Madero

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSAVA-UVA

Irma Arribas Pérez

Dra. Arquitecta, Diseño, Instituto Europeo de Diseño, IED Barcelona

Raimundo Bambó

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

Iñaki Bergera

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Jaume Blancafort

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

Enrique Manuel Blanco Lorenzo

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

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

Rodrigo Carbajal Ballell

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Eva Crespo

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

Silvia Colmenares

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Còssima Cornadó Bardón

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

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Carmen Díez Medina

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

Sagrario Fernández Raga

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

Arturo Frediani Sarfati

Dr. Arquitecto, Proyectos, Urbanismo y Dibujo, EAR-URV

Jessica Fuentealba Quilodrán

Dra. Arquitecta, Departamento Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bio-Bío, Concepción, Chile

Noelia Galván Desvaux

Dra. Arquitecta, Urbanismo y Representación de la Arquitectura, ETSAVA-UVA

María Jesús García Granja

Arquitecta, Departamento de Arte y Arquitectura, eAM'-UMA

Pedro García Martínez

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

Mariona Genís Vinyals

Dra. Arquitecta, BAU Centre Universitari de Disseny, UVic-UCC

Eva Gil Lopesino

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

María González

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Arianna Guardiola Villora

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

David Hernández Falagán

Dr. Arquitecto, Teoría e historia de la arquitectura y técnicas de comunicación, ETSAB-UPC

José M^a Jové Sandoval

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

Íñigo Lizundia Uranga

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

Carlos Labarta

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Emma López Bahut

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

Juanjo López de la Cruz

Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Alfredo Llorente Álvarez

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

Magda Mària Serrano

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAV-UPC

Cristina Marieta Gorriti

Dra. Arquitecta, Ingeniería Química y del Medio Ambiente, EIG UPV-EHU

Zaida Muxí Martínez

Dra. Arquitecta, Urbanismo y ordenación del territorio, ETSAB-UPC

David Navarro Moreno

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

Amadeo Ramos Carranza

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Patricia Reus

Dra. Arquitecta, Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UPCT

Silvana Rodrigues de Oliveira

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Carlos Rodríguez Fernández

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

Jaume Roset Calzada

Dr. Físico, Física Aplicada, ETSAB-UPC

Borja Ruiz-Apilánez Corrochano

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

Patricia Sabín Díaz

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

Mara Sánchez Llorens

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Luis Santos y Ganges

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

Carla Sentieri Omarrearteria

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPV

Marta Serra Permanyer

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

Sergio Vega Sánchez

Dr. Arquitecto, Construcción y Tecnologías Arquitectónicas, ETSAM-UPM

José Vela Castillo

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

Ferran Ventura Blanch

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, eAM'-UMA

Isabel Zaragoza de Pedro

Dra. Arquitecta, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

ÍNDICE

1. **Hábitat, paisaje e infraestructura en el entorno de la presa de El Grado (Huesca)** *Habitat, landscape and infrastructure in the surroundings of El Grado dam (Huesca)*. Estepa Rubio, Antonio; Elía García, Santiago.
2. **Aprendiendo a dibujar confinados: un método, dos entornos.** *Learning to draw in confinement: one method, two environments*. Salgado de la Rosa, María Asunción; Raposo Grau, Javier Fco, Butragueño Díaz-Guerra, Belén.
3. **Aprendizaje basado en proyecto en la arquitectura a través de herramientas online.** *Project-based learning in architecture through online tools*. Oregi, Xabat; Rodriguez, Iñigo; Martín-Garín, Alexander.
4. **Técnicas de animación para la comprensión y narración de procesos de montaje constructivos.** *Animation techniques for understanding and storytelling of construction assembly processes*. Maciá-Torregrosa, María Eugenia.
5. **Desarrollo del Programa de Aprendizaje y Servicio en diversas asignaturas del grado de arquitectura.** *Development of the Learning and Service Program in various subjects of the degree of architecture*. Coll-Pla, Sergio; Costa-Jover, Agustí.
6. **Integración de estándares sostenibles en proyectos arquitectónicos.** *Integration of sustainable standards in architectural projects*. Oregi, Xabat.
7. **La Olla Común: una etnografía arquitectónica.** *The Common Pot: an architectural ethnography*. Abásolo-Llaría, José.
8. **Taller vertical, diseño de hábitat resiliente indígena: experiencia docente conectada.** *Vertical workshop, indigenous resilient habitat design: connected teaching experience*. Lobato-Valdespino, Juan Carlos; Flores-Romero, Jorge Humberto.
9. **Lecciones espaciales de las instalaciones artísticas.** *Learning from the space in art installations*. Zaparaín-Hernández, Fernando; Blanco-Martín, Javier.
10. **Alternativas para enseñar arquitectura: del proyecto introspectivo al campo expandido.** *Alternatives for Teaching Architecture: From the Introspective Project to the Expanded Field*. Juarranz Serrano, Angela; Rivera Linares, Javier.
11. **Una Herramienta de apoyo a la Docencia de las Matemáticas en los Estudios de Arquitectura.** *A Tool to support the Teaching of Mathematics for the Degree in Architecture*. Reyes-Iglesias, María Encarnación.
12. **Luvina, Juan Rulfo: materia de proyecto.** *Luvina, Juan Rulfo: matter of project*. Muñoz-Rodríguez, Rubén; Pastorelli-Paredes, Giuliano.

13. **No se trata de ver videos: métodos de aprendizaje de la geometría descriptiva. *It's not about watching videos: descriptive geometry learning methods.*** Álvarez Atarés, Fco. Javier.
14. **Integration of Art-Based Research in Design Curricula. *Integración de investigación basada en el arte en programas de diseño.*** Paez, Roger; Valtchanova, Manuela.
15. **¿Autómatas o autónomas? Juegos emocionales para el empoderamiento alineado y no alienado. *Automata or autonomous? Emotional games for aligned and non-alienated empowerment.*** Ruiz Plaza, Angela.
16. **Otras agendas para el estudiante. *Another student agendas.*** Minguito-García, Ana Patricia.
17. **Los Archivos de Arquitectura: una herramienta para la docencia con perspectiva de género. *The Archives of Architecture: a tool for teaching with a gender perspective.*** Ocerin-Ibáñez, Olatz; Rodríguez-Oyarbide, Itziar.
18. **Habitar 3.0: una estrategia para (re)pensar la arquitectura. *Inhabiting 3.0: a strategy to (re)think architecture.*** González-Ortiz, Juan Carlos.
19. **Actividades de aprendizaje para sesiones prácticas sobre la construcción en arquitectura. *Learning activities for practical sessions about construction in architecture.*** Pons-Valladares, Oriol.
20. **Getaria 2020: inspirar, pintar, iluminar. *Getaria 2020: inspire, paint, enlight.*** Mujika-Urteaga, Marte; Casado-Rezola, Amaia; Izkeaga-Zinkunegi, Jose Ramon.
21. **Aprendiendo a vivir con los otros a través del diseño: otras conversaciones y metodologías. *Learning to live with others through design: other conversations and methodologies.*** Barrientos-Díaz, Macarena; Nieto-Fernández, Enrique.
22. **Geogebra para la enseñanza de la Geometría Descriptiva: aplicación para la docencia online. *Geogebra for the teaching of Descriptive Geometry: application for online education.*** Quintilla Castán, Marta; Fernández-Morales, Angélica.
23. **La crítica bypass: un taller experimental virtual. *The bypass critic: a virtual experimental workshop.*** Barros-Di Giammarino, Fabián.
24. **Urbanismo táctico como herramienta docente para transitar hacia una ciudad cuidadora. *Tactical urbanism as a teaching tool for moving towards a caring city.*** Telleria-Andueza, Koldo; Otamendi-Irizar, Irati.
25. **Proyectos orales. *Oral projects.*** Cantero-Vinuesa, Antonio.
26. **Intercambios docentes online: una experiencia transdisciplinaria sobre creación espacial. *Online teaching exchanges: a transdisciplinary experience on spatial creation.*** Llamazares Blanco, Pablo.

27. **Nuevos retos docentes en geometría a través de la cestería. *New teaching challenges in geometry through basketry.*** Casado-Rezola, Amaia; Sanchez-Parandiet, Antonio; Leon-Cascante, Iñigo.
28. **Mecanismos de evaluación a distancia para asignaturas gráficas en Arquitectura. *Remote evaluation mechanisms for graphic subjects in architecture.*** Mestre-Martí, María; Muñoz-Mora, Maria José; Jiménez-Vicario, Pedro M.
29. **El proceso didáctico en arquitectura es un problema perverso: la respuesta, un algoritmo. *The architectural teaching process is a wicked problema: the answer, an algorithm.*** Santalla-Blanco, Luis Manuel.
30. **La experiencia de habitar de los estudiantes de nuevo ingreso: un recurso docente. *The experience of inhabiting in new students: a teaching resource.*** Vicente-Gilabert, Cristina; López Sánchez, Marina.
31. **Habitar la Post-Pandemia: una experiencia docente. *Inhabiting the Post-Pandemic: a teaching experience.*** Rivera-Linares, Javier; Ábalos-Ramos, Ana; Domingo-Calabuig, Débora; Lizondo-Sevilla, Laura.
32. **El arquitecto ciego: método Daumal para estudiar el paisaje sonoro en la arquitectura. *The blind architect: Daumal method to study the soundscape in architecture.*** Daumal-Domènech, Francesc.
33. **Reflexión guiada como preparación previa a la docencia de instalaciones en Arquitectura. *Guided reflection in preparation for the teaching of facilities in Architecture.*** Aguilar-Carrasco, María Teresa; López-Lovillo, Remedios María.
34. **PhD: Grasping Knowledge Through Design Speculation. *PhD: acceder al conocimiento a través de la especulación proyectual.*** Bajet, Pau.
35. **andamiARTE: la Arquitectura Efímera como herramienta pedagógica. *ScaffoldART: ephemeral Architecture as a pedagogical tool.*** Martínez-Domingo, Yolanda; Blanco-Martín, Javier.
36. **Como integrar la creación de una biblioteca de materiales en la docencia. *How to integrate the creation of a materials library into teaching.*** Azcona-Urbe, Leire.
37. **Acciones. *Actions.*** Gamarra-Sampén, Agustín; Perleche-Amaya, José Luis.
38. **Implementación de la Metodología BIM en el Grado en Fundamentos de Arquitectura. *Implementation of BIM Methodology in Bachelor's Degree in Architecture.*** Leon-Cascante, Iñigo; Uranga-Santamaria, Eneko Jokin; Rodríguez-Oyarbide, Itziar; Alberdi-Sarraoa, Aniceto.
39. **Cartografía de Controversias como recurso para analizar el espacio habitado. *Mapping Controversies as a resource for analysing the inhabited space.*** España-Naveira, Paloma; Morales-Soler, Eva; Blanco-López, Ángel.

40. **Percepciones sobre la creatividad en el Grado de Arquitectura. *Perceptions on creativity at the Architecture Degree.*** Bertol-Gros, Ana; López, David.
41. **El paisajismo en la redefinición del espacio público en el barrio de San Blas, Madrid. *The landscape architecture in the redefinition of public space in the neighbourhood of San Blas, Madrid.*** Del Pozo, Cristina; Jeschke, Anna Laura.
42. **De las formas a los flujos: aproximación a un proyecto urbano [eco]sistémico. *Drawing thought a screen: teaching architecture in a digital world.*** Crosas-Armengol, Carles; Perea-Solano, Jorge; Martí-Elias, Joan.
43. **Dibujar a través de una pantalla: la enseñanza de la arquitectura en un mundo digital. *Drawing thought a screen: teaching architecture in a digital world.*** Alonso-Rodríguez, Marta; Álvarez-Arce, Raquel.
44. **Land Arch: el arte de la tierra como Arquitectura, la Arquitectura como arte de la tierra. *Land Arch: Land Art as Architecture, Architecture as Land Art.*** Álvarez-Agea, Alberto; Pérez-de la Cruz, Elisa.
45. **Hyper-connected hybrid educational models for distributed learning through prototyping. *Modelo educacional híbrido hiperconectado para el aprendizaje mediante creación de prototipos.*** Chamorro, Eduardo; Chadha, Kunaljit.
46. **Ideograma. *Ideogram.*** Rodríguez-Andrés, Jairo; de los Ojos-Moral, Jesús; Fernández-Catalina, Manuel.
47. **Taller de las Ideas. *Ideas Workshop.*** De los Ojos-Moral, Jesús; Rodríguez-Andrés, Jairo; Fernández-Catalina, Manuel.
48. **Los proyectos colaborativos como estrategia docente. *Collaborative projects as a teaching strategy.*** Vodanovic-Undurruga, Drago; Fonseca-Alvarado, Maritza-Carolina; Noguera-Errazuriz, Cristóbal; Bustamante-Bustamante, Teresita-Paz.
49. **Paisajes Encontrados: docencia remota y pedagogías experimentales confinadas. *Found Landscapes: remote teaching and experimental confined pedagogies.*** Prado Díaz, Alberto.
50. **Urbanismo participativo: una herramienta docente para tiempos de incertidumbre. *Participatory urban planning: a teaching tool for uncertain times.*** Carrasco i Bonet, Marta; Fava, Nadia.
51. **El portafolio como estrategia para facilitar el aprendizaje significativo en Urbanismo. *Portfolio as a strategy for promoting meaningful learning in Urbanism.*** Márquez-Ballesteros, María José; Nebot-Gómez de Salazar, Nuria; Chamizo-Nieto, Francisco José.
52. **Participación activa del estudiante: gamificación y creatividad como estrategias docentes. *Active student participation: gamification and creativity as teaching strategies.*** Loren-Méndez, Mar; Pinzón-Ayala, Daniel; Alonso-Jiménez, Roberto F.

53. **Cuaderno de empatía: una buena práctica para conocer al usuario desde el inicio del proyecto. *Empathy workbook - a practice to better understand the user from the beginning of the project.*** Cabrero-Olmos, Raquel.
54. **Craft-based methods for robotic fabrication: a shift in Architectural Education. *Métodos artesanales en la fabricación robótica: una evolución en la experiencia docente.*** Mayor-Luque, Ricardo; Dubor, Alexandre; Marengo, Mathilde.
55. **Punto de encuentro interdisciplinar: el Museo Universitario de la Universidad de Navarra. *Interdisciplinary meeting point. The University Museum of the University of Navarra.*** Tabera Roldán, Andrés; Velasco Pérez, Álvaro; Alonso Pedrero, Fernando.
56. **Arquitectura e ingeniería: una visión paralela de la obra arquitectónica. *Architecture and engineering: a parallel vision of architectural work.*** García-Asenjo Llana, David.
57. **Imaginarios Estudiantiles de Barrio Universitario. *Student's University Neighborhood Imaginaries.*** Araneda-Gutiérrez, Claudio; Burdiles-Allende, Roberto; Morales-Rebolledo Dehany.
58. **El aprendizaje del hábitat colectivo a través del seguimiento del camino del refugiado. *Learning the collective habitat following the refugee path.*** Castellano-Pulido, F. Javier.
59. **El laboratorio de investigación como forma de enseñanza: un caso de aprendizaje recíproco. *The research lab as a form of teaching: a case of reciprocal learning.*** Fracalossi, Igor.

De las formas a los flujos: aproximación a un proyecto urbano [eco]sistémico

From Forms to Flows: an Approach to the [Eco]systemic Urban Project

Crosas-Armengol, Carles; Perea-Solano, Jorge; Martí-Elias, Joan

Laboratori d'Urbanisme de Barcelona, DUOT-ETSAB-UPC.

carles.crosas@upc.edu; m.jorge.perea@gmail.com; joan.marti.elias@upc.edu

Abstract

The awareness of the effects of climate change set significant challenges to urbanism, requiring transdisciplinary approaches capable of giving efficient responses for the contemporary city and territory. A teaching programme set up in the framework of academic cooperation with other European schools through competitive Erasmus+ projects has explored the potential of urban metabolism at the scale of the urban project. Throughout several courses, the analytical and design reflection on the principles of sustainable development has been addressed at the scale of the urban fragment, testing tools, interpreting strategies and coming up with new design projects, merging rigorous and speculative approaches. Through a continuous exploration among students and teachers, some examples of what could be called [eco]systemic urbanism projects have been discussed and illustrated, going beyond the basic application of environmental standards and technical codes.

Keywords: urban project, metabolism, urbanism, ecosystemic, urban fabric.

Thematic areas: urbanism and regional planning, experimental pedagogy, environmental technology, el aula virtual (AV).

Resumen

La toma de conciencia de los efectos del cambio climático plantea importantes retos al urbanismo y exige aproximaciones transdisciplinares capaces de responder eficientemente en la ciudad y el territorio contemporáneos. Un programa nacido de la cooperación académica con otras escuelas europeas en el marco de los proyectos Erasmus+ ha explorado el potencial del metabolismo urbano a la escala del proyecto urbano. A lo largo de varios cursos, se ha aproximado una reflexión analítica y propositiva sobre los principios del desarrollo sostenible a la escala del fragmento urbano, ensayando herramientas, interpretando estrategias e inventando proyectos, buscando el equilibrio entre rigor y especulación. A través de una continua exploración, estudiantes y profesores han discutido e ilustrado algunos ejemplos de lo que podría denominarse proyecto urbano [eco]sistémico, para ir más allá de la simple aplicación de estándares ambientales y códigos técnicos.

Palabras clave: proyecto urbano, metabolismo, urbanismo, ecosistémico, tejidos urbanos.

Bloques temáticos: urbanismo y ordenación del territorio, investigación educativa, tecnología medioambiental, el aula virtual (AV)

"A clash of doctrines is not a disaster – it is an opportunity.... In formal logic a contradiction, is the signal of defeat, but in the evolution of real knowledge it marks the first step in progress toward a victory."

Alfred North Whitehead, 1962

1. Introducción

La toma de conciencia de los efectos del cambio climático en el hábitat urbano ha irrumpido con fuerza en nuestro campo disciplinar, haciendo evidente el interés de la transdisciplinariedad para ensanchar sus fronteras. En relación con la arquitectura, la necesidad de construir edificios neutrales (*nZEB-near Zero Energy Buildings*) tensiona el desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones, ofreciendo nuevos retos de diseño que son introducidos en la docencia contemporánea. También en el campo de la urbanística, el tsunami de la sostenibilidad ambiental introduce nuevas demandas en los proyectos de escala urbana y territorial, difícilmente abordables desde las aproximaciones tradicionales, inspirando nuevas tendencias como la “verdificación” de los proyectos urbanos, un síntoma tan oportuno como muchas veces banal. Por ello, los espacios docentes son necesarios para abordar con profundidad y rigor, pero también de forma especulativa, las dimensiones del urbanismo y la arquitectura sostenibles.

En este marco conceptual se sitúan los objetivos de una experiencia docente desarrollada a lo largo de varios cursos en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB), en los que se han discutido cómo afrontar los proyectos en la ciudad y en el territorio contemporáneos desde una visión “ecosistémica” del urbanismo: esto es, en base a un entendimiento complejo del metabolismo urbano y territorial, como germen del proyecto.

En este camino, la guía del denominado “urbanismo para arquitectos” que ha caracterizado la enseñanza en la ETSAB¹ se ha enriquecido con aportaciones de algunas ramas de la ingeniería y de las ciencias ambientales, aproximándose a cierta visión transdisciplinar que explora este congreso.

2. Antecedentes e inspiración

Esta experiencia docente se inspira en un conjunto de contribuciones, internacionales y locales, en las que otras disciplinas tales como la geografía y la biología redibujaron los límites del urbanismo. El planteamiento regionalista de las enseñanzas de Ian McHarg en la escuela de Pennsylvania, y su comprensión de un territorio a partir de las múltiples capas que construyen su complejidad, se consideran como una útil herramienta para abordar la dimensión ecológica a escala regional. Sus enseñanzas a lo largo de los cursos llamados “Man and Environment” culminaron en la emblemática publicación de “Design With Nature” en 1969 (Fleming et al., 2009). La consideración de los procesos naturales para plantear propuestas urbanas, y la jerarquización del territorio a partir de la valoración de tales procesos significó una contribución fundamental para los estudios territoriales, habitualmente más centrados en el entorno construido.

¹ Una aproximación conceptualizada desde el Laboratorio de Urbanismo de Barcelona de la mano de su fundador y director Manuel de Solà-Morales. La reivindicación del proyecto como práctica fundamental del urbanismo (frente a la aproximación del planeamiento) se formuló a partir de los años 70 y cristalizó en algunos textos fundamentales del profesor. En el ámbito docente, la herencia de esta aproximación sigue muy presente en el renovado plan de estudios de la ETSAB.

En Europa, una referencia capital sobre el metabolismo territorial es el trabajo de Paul Duvigneaud realizado desde el laboratorio ecológico de la Université Libre de Bruxelles (ULB), publicado como “Agglomération de Bruxelles”, en 1977 (Danneels, 2018). Considerado un ejercicio pionero de representación gráfica del metabolismo, expresa la importancia del intercambio de flujos de energía, agua y materia dentro de una región urbana. El estudio de la ciudad como ecosistema revela una nueva visión de la misma, entendida bajo parámetros de vegetación e indicadores biológicos, en los que se revelan las áreas con mayor capacidad para absorber y emitir CO², a partir de lo cual pueden plantearse nuevas propuestas de crecimiento urbano. Asimismo, el innovador dibujo de la sección de la región metropolitana de Bruselas, un diagrama que integra y da forma a todos los flujos que pasan y se generan en ese ámbito, constituye un ejemplo emblemático de la aproximación ecosistémica al urbanismo.

Inspirado por la aproximación de Duvigneaud, el ecólogo Jaume Terradas elaboró, desde el CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals) de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), el “Mapa Ecológico de la ciudad de Barcelona”, que en 1985 daría lugar al libro “Ecología d’una ciutat: Barcelona” (Terradas et al., 1985). El mapa es una aproximación descriptiva y sintética de los elementos estructurales que puede ser utilizada como marco de referencia de procesos funcionales, con indicadores adecuados para analizar algunas relaciones básicas entre estructura y función en el ecosistema urbano.

En los últimos años han proliferado por todas partes las aproximaciones docentes que toman la sostenibilidad y la ecología como motor, en cursos con una orientación más orientada desde el planeamiento y/o paisajismo. En cambio, el alcance y la aplicabilidad de los principios del desarrollo sostenible resulta menos inmediata con relación al proyecto urbano de escala intermedia².

3. Innovación en la docencia a través de los proyectos Erasmus+

El arranque de la experiencia docente está vinculada con dos proyectos Erasmus+, canales de fomento de la innovación y la modernización de la enseñanza a través de la cooperación entre instituciones de países distintos. En el primer caso, el proyecto “UPCycle - Cogenerative Design Strategies for a Sustainable Urban Metabolism”, permitió el desarrollado de un workshop internacional en la primavera de 2014. Esta iniciativa se formuló en colaboración entre cuatro escuelas de arquitectura europeas³ y se fundamentó en el *Intensive Program* de dos semanas en el que participaron 60 estudiantes, 13 docentes, además de algunos especialistas de campos disciplinares diversos en calidad de invitados. A través del caso particular de la Zona Franca en Barcelona, el que fuera el polígono industrial más grande de España, el taller estableció una metodología específica para explorar el potencial del metabolismo urbano para la transformación

² Entre las experiencias recientes con una aproximación más urbanística se podrían citar dos talleres de docencia e investigación que proponen una aproximación desde el denominado método *research by design*. Un ejemplo sería el taller *Water vs. Urban Scape? Exploring integrated and decentralised arrangements of water in the Brussels Capital Region*, organizado el año 2013 por la Faculté d'Architecture La Cambre Horta (Ranzato, 2017). En él, se estudia desde diversas escalas la relación entre el ciclo del agua y la construcción de la ciudad, analizando distintos escenarios para la capital belga. Otra referencia más conocida fue la conducida previamente en Università IUAV di Venezia iniciado en 2005: *Water and Asphalt* (Viganó et al., 2016) en el que se exploraron las posibilidades de transformación de la región del Veneto también a partir de las dinámicas del agua.

³ “UPCycle - Cogenerative Design Strategies for a Sustainable Urban Metabolism”, Erasmus Intensive Programme_ERASMUS/IP Referencia 2013-ERA-IP-236. Cuantía total subvención: 43.747,75 €. Entidades participantes: ULB Bruxelles (Bélgica), IUAV Venezia (Italia), Erasmushogeschool Brussel (Bélgica) y UPC con la colaboración del Consorci de la Zona Franca y Barcelona Regional. Desde 24/03/2014 hasta 04/04/2014.

de fragmentos de las metrópolis contemporáneas, diseñando proyectos y procesos en relación a los ciclos del agua, de la energía y de los residuos, además de la movilidad, para en este caso, dar un “nuevo ciclo” a esta área industrial progresivamente obsoleta (Grulois y Crosas, 2015).

Los resultados y el interés de esta experiencia inicial inspiró la propuesta de un nuevo proyecto competitivo para el desarrollo de un *Strategic Partnership* que permitiría profundizar sobre la temática en el espacio de la docencia reglada de las escuelas. El proyecto “Integrated Urban Design E-studio for XXIst Century Sustainable Metropolitan Region” se desarrolló entre 2015 y 2017, en colaboración con las facultades de arquitectura de la ULB Bruxelles y el IUAV Venezia⁴.

A lo largo de dos cursos académicos, las universidades participantes colaboraron activamente en la preparación e implementación de unos estudios paralelos que combinaban el formato tradicional (taller presencial de un día o dos días a la semana⁵) con la participación activa en una plataforma virtual creada para la ocasión del proyecto y que permitía la interacción continua entre las tres escuelas. Todo ello fue posible con la organización de periódicos encuentros entre profesores (*Transnational Project Meetings*) y dos workshops integrados en cada una de las dos ediciones, en los que participaron quince estudiantes de cada escuela de forma totalmente subvencionada a través del proyecto (*blended mobility of higher education students*)⁶.

Dos fueron los principales objetivos que guiaron el proyecto: en relación a los contenidos, plantear un nuevo programa educativo interdisciplinario y transcultural para el desarrollo de nuevas habilidades y calificaciones para un diseño urbano ecosistémico, sobre la base que los conceptos de metabolismo y economía circular deben ser entendidos como alternativos a los patrones de lineales de producción-consumo para alcanzar objetivos ambientales más óptimos.

El segundo, en relación a la aproximación pedagógica, explorar la integración digital activa en la enseñanza del urbanismo a través de la construcción de una plataforma web que fue una de las herramientas fundamentales para la ejecución del proyecto. Asimismo, en línea con los requerimientos de la convocatoria, se contó con la colaboración de algunas instituciones públicas y algunos agentes privados implicados en el campo de la planificación regional, la ingeniería de infraestructuras y la gestión de recursos y energía, reforzando el carácter transdisciplinar de la propuesta.

Los resultados de ambos cursos pueden ser consultados en la plataforma digital <http://metropolitan-estudio.eu>, mientras que la publicación “Designing Territorial Metabolism: Barcelona, Brussels and Venice” (Berlin, Jovis, 2018) los destila mezclando sus vertientes de investigación y docencia. La evaluación de la experiencia fue muy positiva en el plano del intercambio académico entre distintas escuelas, por la oportunidad y necesidad de reajustar el proceder propio de cada una a un lenguaje común. Menos cómodo resultó el encaje de aspectos

⁴ “Integrated Urban Design E-studio for XXIst Century Sustainable Metropolitan Region” Erasmus + Strategic Partnership - Lifelong Learning Programme. Referencia: 2015-1-BE01-KA203-013200. Cuantía total subvención: 98.130,00€. Entidades Participantes: ULB Bruxelles (Bélgica), IUAV Venezia (Italia) y UPC. Desde: 09/2015 hasta: 08/2017

⁵ Esta fue una cuestión no menor en el diseño e implementación del proyecto, puesto que las dos escuelas extranjeras desarrollaron el estudio en el ámbito de asignaturas de “proyectos” de primer curso de máster (quinto año de estudios, siguiendo el modelo 4+2), mientras que la organización de los estudios de la ETSAB aconsejó su desarrollo desde una asignatura optativa, inicialmente de 5º curso también, pero con una carga ECTS mucho menor.

⁶ El programa incluyó dos *workshops* internacionales como espacio de encuentro presencial entre las tres escuelas. El primero desarrollado en la IUAV-Venezia “Marzenego River Landscape, Veneto” del 14 al 18 de Marzo de 2016. El segundo organizado en la ETSAB “22@: Innovative Urban Spaces”, 3 al 7 de abril de 2017, incluyendo un seminario en la EAR-URV “Metropolises and Ports: Cross-Dialogues”, 4 de Abril de 2017.

igualmente importantes relacionados con la logística, como la comunicación eficaz a través de la plataforma web que nunca fue suficientemente ágil⁷ y otros aspectos asociados a la asimetría en la que las tres escuelas desarrollaron el *e-studio* (talleres de proyecto avanzados versus una optativa). Como fuera, al final de cada uno de los dos cursos, los estudiantes respondieron anónimamente a un cuestionario en línea, que fue igualmente útil para la evaluación de los aspectos metodológicos y de aprendizaje⁸.

La inmersión a la dimensión ecosistémica del urbanismo fue ensayada en ámbitos territoriales distintos, y la aproximación a la escala de la región se combinó siempre con el proyecto del fragmento. En una primera edición se seleccionaron tres valles y ríos en las respectivas ciudades-región (Llobregat, Senne y Marzenego), mientras que en la segunda edición se trabajó en tres espacios logísticos y portuarios (Tarragona, Buda y Porto Marghera). Precisamente el interés general de esta aproximación llevó al desarrollo de una ambiciosa iniciativa en el marco de la *Biennale de Venezia* 2018. El certamen "Marghera City of Making. International Design Competition" invitó a ocho equipos de escuelas de arquitectura europeas y americanas a formular propuestas para la transformación de un área del Porto Marghera, que fueron expuestas en la *Biennale*, en formato audiovisual⁹.

4. Urbanismo [eco]sistémico: conceptos, estrategias y proyectos

En línea con esta aproximación disciplinar, a partir del curso 2014-15 se imparte en el grado de Arquitectura de la ETSAB la asignatura optativa "Urbanism and Ecology: Concepts, Strategies and Projects", que pasaría a denominarse "[Eco]systemic Urbanism", para explicitar cómo la tradicional visión sistémica intrínseca al buen urbanismo, ha venido rubricada recientemente desde la ecología.

Impartida en lengua inglesa, la asignatura propone una reflexión sobre varios paradigmas del urbanismo contemporáneo desde un doble punto de vista, práctico y teórico. En base a unas lecciones iniciales centradas en la presentación de la ecología de la ciudad y el territorio, la sostenibilidad y la resiliencia urbanas, la conectividad ecológica, la movilidad sostenible y principalmente, el metabolismo urbano, el curso se desarrolla eminentemente en formatos seminario y taller de proyectos para descubrir las posibilidades de diseño urbano desde la aproximación ecosistémica.

⁷ En este sentido conviene tener en cuenta que los seis años de distancia en relación al inicio del proyecto pueden justificar algunas carencias en clave tecnológica pero también de familiarización con el uso de las plataformas digitales, algo que es totalmente extendido hoy gracias a la familiarización forzosa en tiempos de pandemia. Si bien la plataforma fue efectiva para compartir materiales, lo fue mucho menos para generar interacción continua entre estudiantes de escuelas distintas, algo que se pudo complementar en los encuentros presenciales de los *workshops*.

⁸ La encuesta incluía cuestiones sobre los objetivos de aprendizaje del proyecto, la importancia y utilidad del tema de curso, el uso de la plataforma web y cuestiones relacionadas con el intercambio entre escuelas. Fue respondida por parte de 49 estudiantes de las tres escuelas participantes valorados fueron los relacionados con la plataforma digital. Los mejor valorados fueron los relacionados con el interés por el tema y la experiencia del intercambio entre escuelas. Se destaca un comentario anónimo, precisamente de un estudiante de la ETSAB, por su sintética valoración de la experiencia: "Innovative, uncertain, risky, international, intercultural, forward-thinking, team-work involved ... is the first time in 5 years of architecture. The topic addressed in the subject is as complex as necessary when you look at the society that surrounds us".

⁹ Por parte de la ETSAB-Laboratorio de Urbanismo se presentó la propuesta "Slow Making District" (*Biennale de Venezia*, mayo a noviembre 2018). Equipo ETSAB-LUB: K. Arranz, M. Castarlenas, E. Pulido, O. Riera, J. Sáez (estudiantes) con C. Crosas y J. Perea (profesores). <https://vimeo.com/435097168>

A lo largo de siete ediciones, la asignatura ha mantenido el formato de lecciones y pequeñas prácticas iniciales a modo de introducción, pero ha adaptado buena parte de su desarrollo¹⁰ en cada edición. No solo se han cambiado los casos de estudio de las sesiones de seminarios críticos, sino también los temas principales de proyecto en el espacio taller, ajustando año a año aproximaciones más ambiciosas en clave proyectual con otras más canónicas en clave analítica. Además de las actividades vinculadas al SP Erasmus+ el curso se ha complementado en todas las ediciones con visitas *in situ* en Barcelona: en las meritorias instalaciones del metabolismo metropolitano en el Fórum (depuradora, incineradora, planta fotovoltaica...), en las redes y galerías de los sistemas de “heating and cooling” en el Poblenou-22@, entre otras (Crosas y Perea, 2018).

El recorrido de la asignatura se ha definido año tras año, analizando los resultados previos y reaccionando a las opiniones de los estudiantes expresadas en encuestas, ponderando la ambición disciplinar del profesorado con la disponibilidad del estudiantado para una asignatura que tiene un carácter optativo. Para comprender mejor el alcance del programa, se describe a continuación el tema, aproximación y resultados de la última edición de la asignatura.

4.1 Every Drop Counts, curso primavera 2021

La conocida expresión “Every Drop Counts” vertebraba la parte principal de la última edición de la asignatura, centrada en los aspectos clave del diseño urbano en relación al ciclo del agua. El título explicita la necesidad de reducir consumos y dependencia de recursos externos, una cuestión básica en relación al abastecimiento del agua y también a la generación de energía, un tema introducido en la última fase del curso.

Desde el punto de vista metabólico, el ciclo del agua dentro de la ciudad funciona como un sistema abierto alimentado por una red de infraestructuras. Por ejemplo, el agua que se consume en las ciudades generalmente se capta en grandes embalses río arriba, lejos del punto de consumo, o se extrae de masas de agua subterráneas, y en ambos casos las fuentes de este recurso tienen un límite, a partir del cual se altera el equilibrio territorial.

Con la progresiva expansión de las áreas urbanas, y la presión derivada sobre el territorio, conviene buscar la optimización de los ciclos a la escala local de las ciudades (Grulois y Bortolotti, 2015), indagando sobre el papel que debiera desempeñar la urbanística, y el proyecto urbano en particular.

En esta edición, las clases iniciales centradas en la definición de los principales conceptos, se combinaron con una práctica breve de cálculo básico de la “huella ecológica”, a través de la comparación de resultados entre distintos perfiles personales (de los mismos estudiantes y familiares). Ello permite entender la incidencia de los distintos modos de movilidad, de tipo de vivienda, de hábitos de consumo alimenticio, entre otros.

4.1.1 La construcción de un imaginario compartido

La aproximación más específica al entendimiento de la gestión del ciclo del agua en el proyecto de escala urbana se hace a través de una selección de interesantes proyectos en el ámbito del

¹⁰ Desde su inicio, la asignatura se ha impartido en el formato denominado “semi-intensivo”, de 2 horas semanales y una semana intensiva a final de curso, equivalente a un total de 4h semanales (5 ECTS) durante todo el cuatrimestre. Este formato ha favorecido la intensificación del formato taller al final de curso, una vez los estudiantes han finalizado ya entregas y exámenes del resto de asignaturas.

paisaje urbano y del planeamiento¹¹ que son analizados y discutidos en formato seminario para crear un *background* compartido de referencias históricas y de estrategias de proyecto. En la construcción de este imaginario colectivo, el dibujo se convierte en una herramienta de análisis y también de aprendizaje, cuando la representación de los flujos y la síntesis a través del diagrama permiten revelar una dimensión. No se dibujan las formas, sino los flujos del proyecto urbano que habitualmente permanece oculta (Fig. 1).

Se trata de ejemplos mayoritariamente contemporáneos, que abastan múltiples escalas. El proyecto *Room for the River* (Países Bajos, 2012), es un caso interesante de gran escala, que modifica las márgenes del río Rin en su paso por Nijmegen, tomando la temporalidad del curso fluvial como argumento para el diseño de una serie de áreas con usos urbanos intermitentes que se adaptan a las dinámicas del agua. Ejemplos de escala menor serían los proyectos de algunos espacios públicos en ámbitos urbanos, como la *Zollhallen Plaza* en Alemania (2009) o la *Benthemplein water plaza* de Rotterdam (2013) en los que se plantean un tipo de estrategias de retención y captación donde las microtopografías, la naturaleza y la porosidad de las superficies horizontales son el quid de la cuestión. Otros proyectos, añejos y conocidos, son observados específicamente desde la perspectiva de la gestión del agua, con el caso emblemático del Park Güell (1914), cuyo diseño formal ha eclipsado las lecciones del proyecto de Antoni Gaudí que busca el máximo aprovechamiento del agua con el fin de revegetar una colina desertizada (Lisias da Silva, 2008).

Finalmente, esta fase se complementa con una visita a la que es actualmente la experiencia más innovadora de Barcelona desde el punto de vista de la gestión del agua en la urbanización, en el barrio de Marina del Prat Vermell (Ajuntament de Barcelona, 2018). Acompañados por uno de los arquitectos autores del proyecto, los estudiantes contrastan la teoría con la realidad recorriendo la nueva urbanización en la que destacan los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (*SUDS* según sus siglas en inglés) que garantizan la infiltración de agua de lluvia al subsuelo, a la vez que se convierten en los protagonistas del espacio público.

¹¹ El estudio parte de considerar proyectos en el ámbito europeo, que abordan el ciclo del agua desde distintas escalas. Los casos de estudio se han seleccionado a partir de algunas publicaciones de referencia y sobretodo a través de la plataforma Oppla (<https://oppla.eu>).

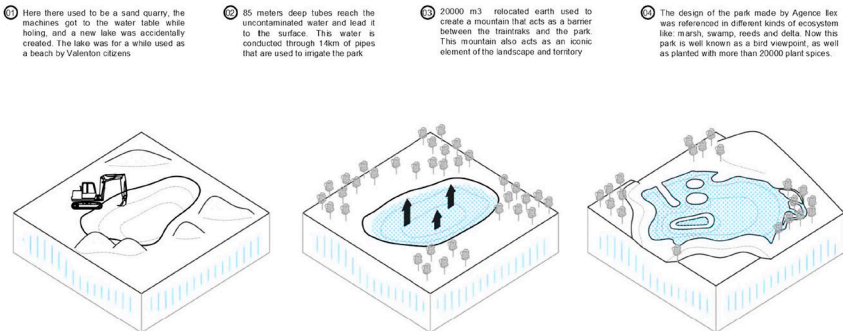
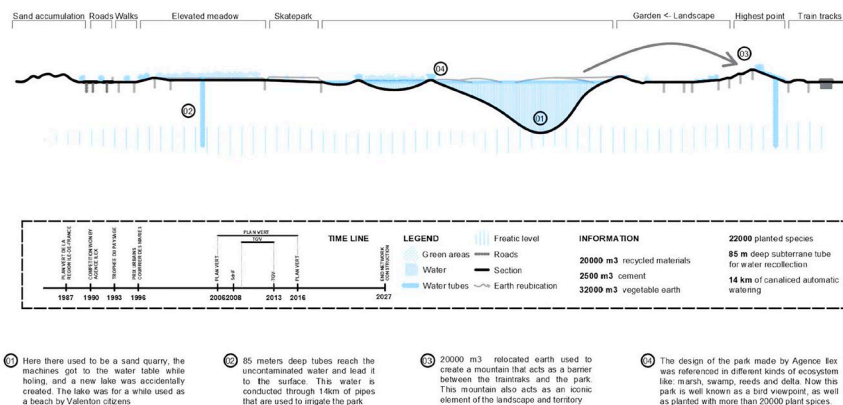


Fig. 1 Caso de estudio. Le Parc de la plage bleue. Ejemplo de diagramas realizados por estudiantes. Dibujo realizado por Carmen Chacón y Arnau Jiménez

4.1.2. La aproximación al tejido. De la mirada local al análisis global

El ejercicio central del curso sigue el patrón de algunas experiencias de cursos anteriores, y propone el análisis y proyecto de distintos fragmentos de tejidos urbanos que son seleccionados en el ámbito del Área Metropolitana de Barcelona. Una selección de diez fragmentos urbanos distintos de 500x500 metros son distribuidos entre un idéntico número de grupos de trabajo, iniciando un análisis comparado de similitudes y diferencias en relación a los flujos del agua. El trabajo se encaja en el estudio de gran escala que ha estado elaborado previamente al inicio de la asignatura, cartografiando los aspectos más determinantes en relación al ciclo del agua del área elegida, configurando un pequeño atlas que está en la base del ejercicio.

La tecnología GIS permite visibilizar estos índices e identificar diversas áreas que se superponen dentro del ámbito (Mayorga, 2018), explicadas segregadamente en un total de cinco planos específicos sobre: Pluviometría, Geología (superponiendo los acuíferos con la composición geológica del sustrato), Topografía, Impermeabilización y Consumo de agua (Fig.2). Precisamente la elaboración de estas cartografías permitirán afinar la selección de los diez ámbitos atendiendo no solo a las particularidades de la morfología y la estructura urbana, sino sobre todo a los factores relacionados propiamente con el ciclo del agua.

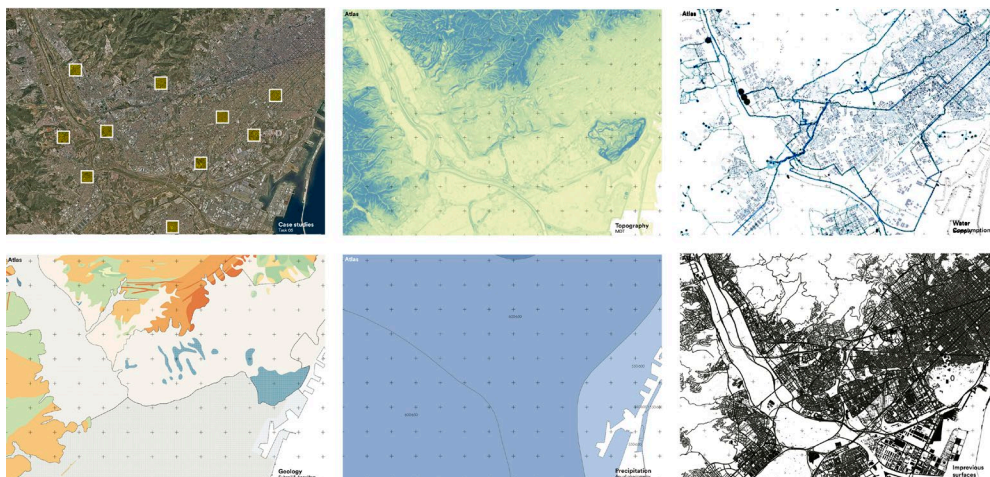


Fig. 2 Cartografías del agua. De izquierda a derecha, superior a inferior: Ortofotografía, Topografía, Consumo de Agua, Geología, Pluviometría, Impermeabilización. Elaboración propia

Aún entendiendo la dimensión regional de muchos aspectos del metabolismo territorial, la selección de los fragmentos urbanos persigue centrar la mirada en los aspectos de proximidad del ciclo del agua, empezando por entender los medios relativos a la precipitación y el consumo.

En el caso de la precipitación, destaca tanto las pequeñas variaciones en el régimen pluviométrico como la base sobre la que se precipita. Se cartografía la pluviometría, la topografía del terreno y la impermeabilidad de los distintos ámbitos. Por ende, se relaciona el agua atmosférica con el agua subterránea, identificando la presencia de los acuíferos y la composición geológica de los suelos a lo largo de la Barcelona metropolitana. El conjunto de dibujos resultante permite identificar una serie de áreas en las cuales la precipitación tendrá un mayor o menor impacto, en función de la escorrentía determinada por la topografía y el grado de impermeabilización; o donde jugará un papel importante en la gestión de los acuíferos en caso que el agua pueda ser infiltrada al subsuelo con mayor o menor facilidad (Fig.3).

En relación al consumo, la dimensión del sistema de abastecimiento metropolitano, que se extiende río arriba hasta los grandes embalses de los ríos Ter y Llobregat, aparece en los ámbitos de estudio como un fragmento de una gran red de tuberías, cuya interacción con el proyecto urbano es nula. A raíz de esta consideración, no se centra la mirada en el agua de consumo, sino en la que es consumida. Tal como apunta Richard T.T. orman¹², en el momento en que el agua es consumida por los usuarios pasa a ser entendida como un elemento residual, y se deriva a un sistema de saneamiento metropolitano que sobrepasa otra vez el ámbito de 500x500 metros. Se parte de la premisa de que ese elemento considerado residual puede entenderse también como un recurso, ya que esa agua (o al menos una parte) puede ser tratada a nivel local y convertirse en un pretexto para repensar determinadas situaciones urbanas. A fin de visibilizar las áreas de mayor consumo se combinan dos factores: el índice de consumo por habitante de cada municipio y la densidad de viviendas por edificio en cada uno de los ámbitos analizados.

¹² *Urban residents rapidly convert much of the piped clean-water to wastewater flushed down drains and toilets.* (Forman, 2014)

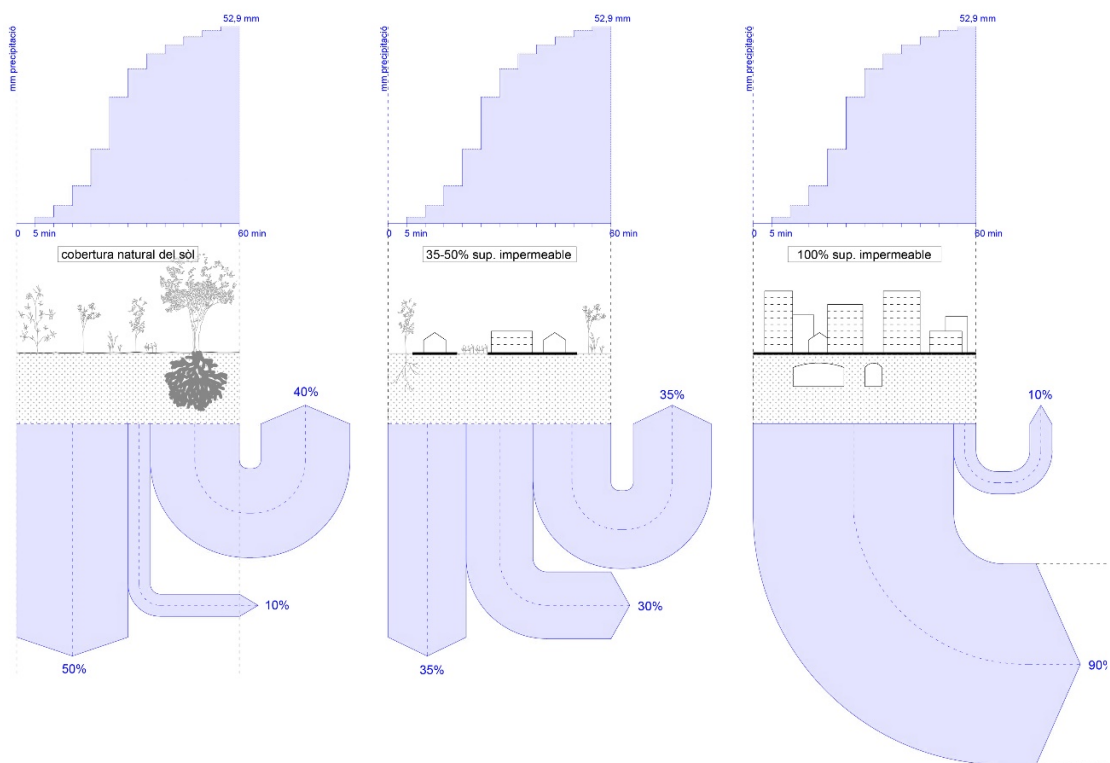


Fig. 3 Permeabilidad y escorrentía según el grado de impermeabilización.
Elaboración propia inspirada en los estudios de Arnold y Gibbons. (Arnold y Gibbons, 1996)

El análisis sobre cada uno de los ámbitos se realiza de modo cualitativo y cuantitativo (Tabla 1 y Fig. 4). Cuatro cartografías temáticas muestran situaciones e índices distintos en cada uno de los fragmentos, en relación a: 1/ el consumo de agua asociado a tipos de tejidos distintos, 2/ la topografía, 3/ el subsuelo y los acuíferos relacionados con la geología y la 4/ permeabilidad del suelo.

Simultáneamente, se calculan las superficies totales de suelo edificado (clasificado según su uso) y de los suelos permeables e impermeables (diferenciando el ámbito de superficie de calzada). Asimismo, a partir de información catastral se tendrán en cuenta el número de viviendas (población estimada) y superficies construidas destinadas a otros usos.

Se trata en definitiva, de dibujar y medir para luego proyectar. Seguramente una de las principales virtudes de la enseñanza de la arquitectura y el urbanismo es la mezcla de aproximaciones, registros y recursos utilizados para construir el conocimiento. Particular de esta experiencia docente es el uso combinado de recursos de representación y de cuantificación. En este caso, la elección de fragmentos urbanos de 500x500m correspondientes a tejidos urbanos distintos y representativos, permite dibujar las lógicas comparadas de los ciclos del metabolismo urbano y además, cuantificarlos de forma sistemática. Este análisis urbano cuantitativo y cualitativo permite realizar diagn61s comparadas¹³, a partir de las cuales podrán emanar las ideas de proyecto.

¹³ Un ejemplo sería la comparativa entre el polígono de viviendas de Bellvitge y el Ensanche de Barcelona, dos casos en los que la densidad de viviendas es similar, pero la ocupación de suelo es mucho mayor en el segundo. Esta situación

Tabla 1. - Valores que los estudiantes deben rellenar sobre su emplazamiento

		UNITS
GENERAL SURFACES	Total (500x500)	Square meters
	Selected Area	Square meters (%)
	Road srf.	Square meters (%)
	Building coverage. Housing	Square meters (%)
	Building coverage. Industrial/Tertiary	Square meters (%)
	Building coverage. Facilities	Square meters (%)
	Impermeable Surface. Public	Square meters (%)
	Impermeable Surface. Private	Square meters (%)
	Permeable Surface. Public	Square meters (%)
	Permeable Surface. Private	Square meters (%)
DEMOGRAPHY	Nº of dwellings	Unit
	Inhabitants/dwelling	Ratio
	Nº of inhabitants	unit
ACTIVITY	Industrial/Tertiary Surface	Square meters
WATER MANAGEMENT	Domestic consumption per habitant	Liters/inhabitant/day
	Domestic gray-water production	Liters/inhabitant/day
	Domestic black-water production	Liters/inhabitant/day
	Industrial and tertiary surface	Liters/sq.meter/day
GEOLOGY	Soil infiltration capacity	Easy/hard

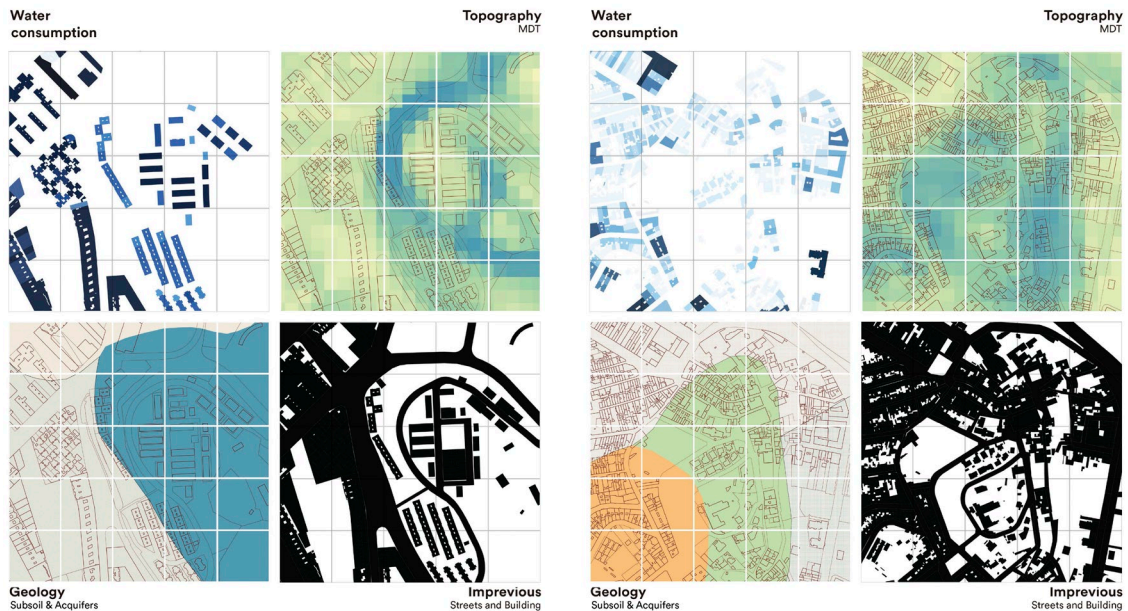


Fig. 4 Ámbitos de estudio, El Polvorí, Barcelona (izquierda) y el centro de Sant Boi (derecha).
Elaboración propia

4.1.3 Del diagrama al proyecto ecosistémico

En el desarrollo del análisis y proyecto urbano se aborda el reto de la representación de los flujos, más que las formas urbanas propiamente dichas (edificios, calles, parcelas, parques...). Estando los estudiantes familiarizados con el boceto como instrumento eficaz para reflejar las ideas de proyecto y/o de síntesis del análisis, el uso del diagrama obliga a una mayor abstracción y a una consideración más libre de la forma y las medidas de los elementos urbanos, siempre considerados en el boceto. Para el caso concreto del ciclo del agua del ámbito asignado, el

lleva a la consideración que, en el primer caso los proyectos urbanos podrían implementarse mayoritariamente en el espacio público, mientras que en el segundo es obligado centrarse en el espacio de la edificación.

diagrama se convierte en la herramienta idónea para en primer lugar describirlo, y en segundo lugar optimizarlo, a partir de una gestión integral del mismo. El proyecto pues, nace a partir del diagrama, en el que las mediciones realizadas dan lugar a la formalización del proyecto urbano (Fig.5).

En esta ocasión, una vez consolidada la aproximación al ciclo del agua, se introducen algunas cuestiones básicas en relación al ciclo de la energía, extrapolando la metodología utilizada para el ciclo del agua. Muchos de los datos relativos a la densidad poblacional, de viviendas y dimensión de superficies edificadas (en especial, de cubiertas) son básicas y permiten explorar el potencial de producción de energías renovables para sumar a la ecuación del metabolismo urbano.

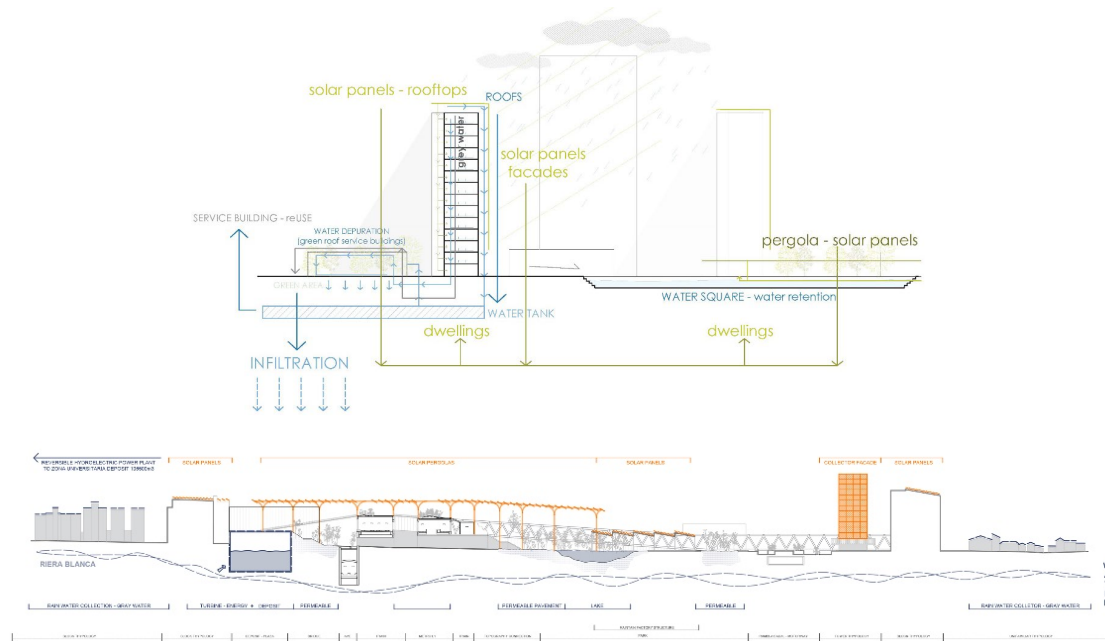
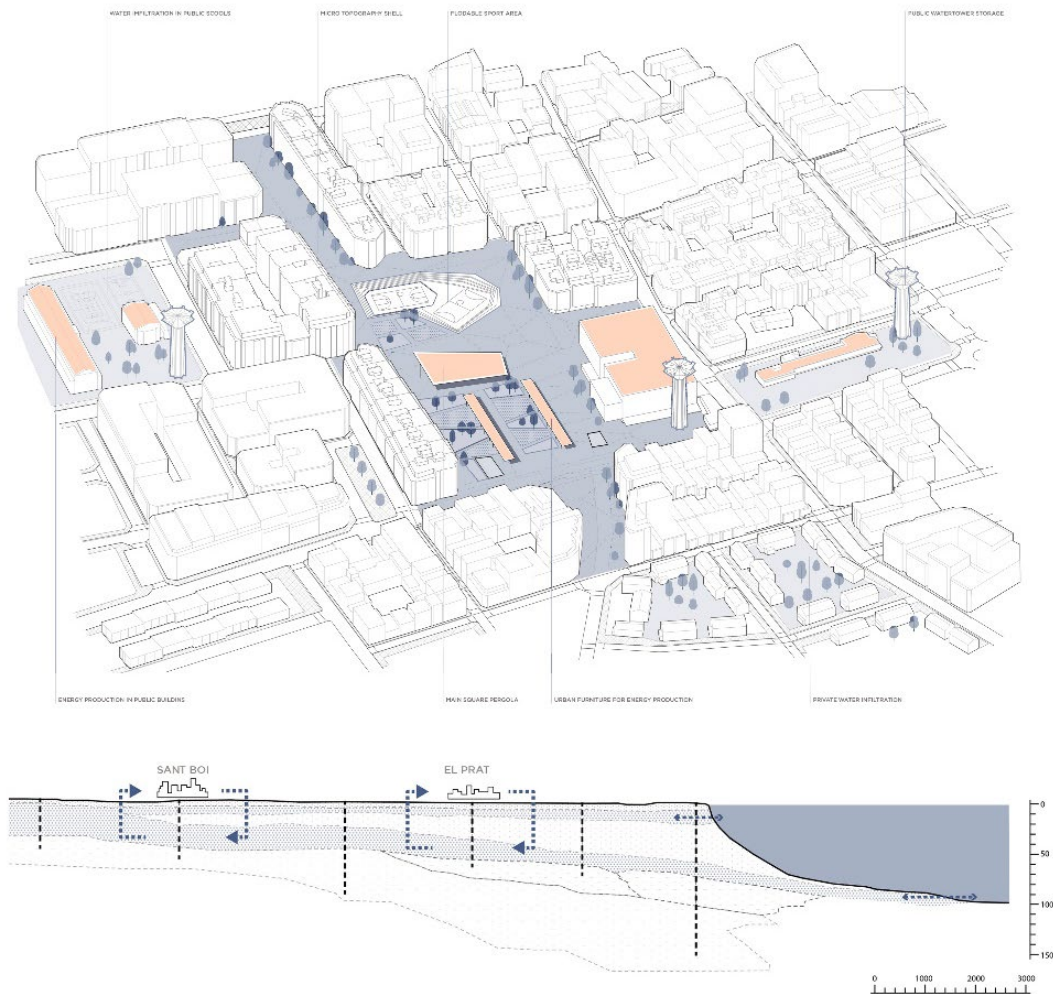


Fig.5 Del diagrama al proyecto. Documentos producidos durante el curso, en el que la gestión del agua y de la energía se materializan, inicialmente en forma de diagrama y posteriormente en proyecto urbano. Proyectos de Josep Salas y Marta Rizo (superior) y Carmen Chachón y Arnau Jiménez (inferior)

La materialización de los diagramas da lugar a proyectos urbanos muy diversos, que se adaptan a la casuística particular de cada emplazamiento, y que buscan -con mayor o menor éxito- mejorar la ciudad a partir de una gestión integrada de su metabolismo, en este caso, del agua y de la energía. Para ello surgen opciones muy diversas, desde la construcción de grandes estructuras urbanas captadoras de agua y energía, a proyectos de transformación del plano del suelo y de la cota cero de la ciudad, así como transformaciones de la materialidad de sus calles y plazas a fin de aumentar la capacidad de absorción de agua y de energía.

El conjunto de herramientas de las que disponemos los arquitectos para abordar la transformación de la ciudad, se subyuga en este caso a la optimización de un comportamiento ecosistémico e integrado con su medio. Se busca así invertir la deriva actual, en la que la progresiva codificación de los proyectos de arquitectura y urbanismo (sellos ambientales a la escala del edificio o del barrio) conlleva la incorporación obligada de los condicionantes ambientales en los proyectos, no como génesis de los mismos, sino como un listado de control que se incorpora una vez estos han sido conceptualizados.

Los resultados de la asignatura pretenden mostrar, especulativamente y en ocasiones erráticamente, la voluntad de cambiar este planteamiento, y concretar una formulación de proyectos desde las lógicas del metabolismo urbano –mezclando escalas muy diversas, desde la geografía al detalle constructivo (Fig. 6) – que en suma consigan aflorar algunas contradicciones que permitan, parafraseando la famosa cita de Whitehead, dar un paso adelante en el conocimiento del proyecto urbano [eco]sistémico.



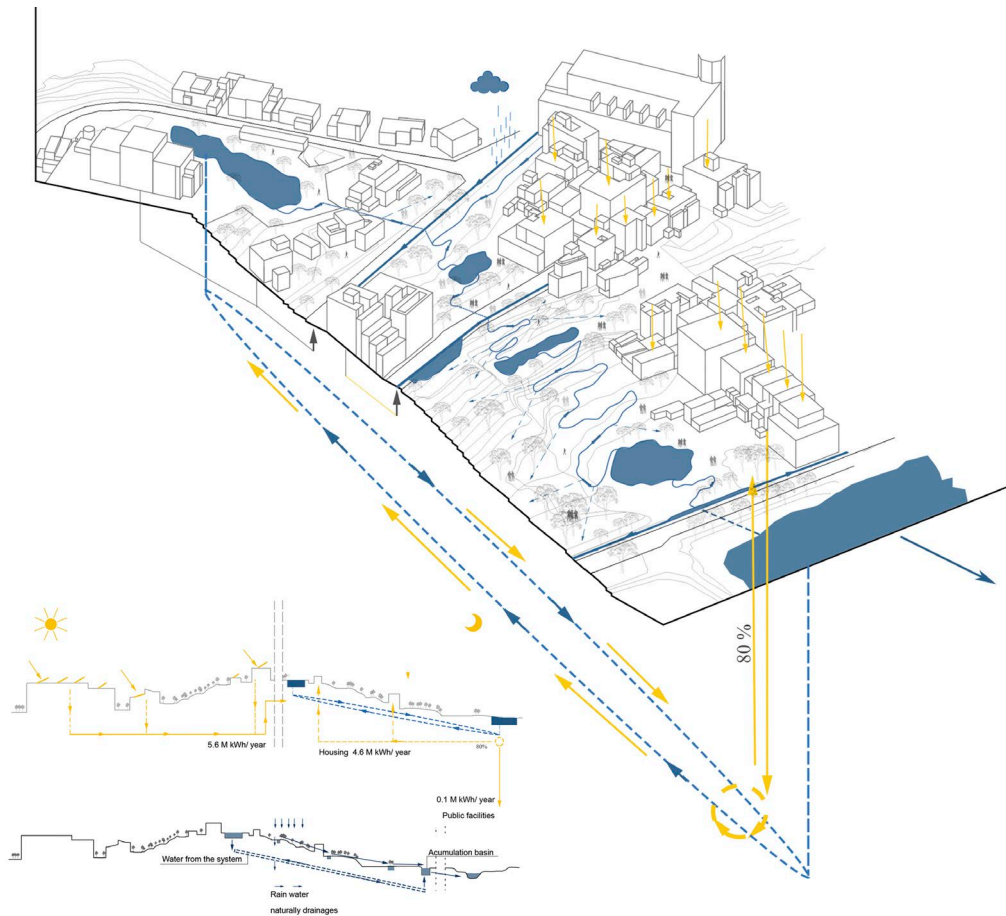


Fig. 6 Propuesta para la transformación del centro urbano del Prat de Llobregat a partir de la relación con el acuífero. Proyecto de Alessandro Donzi y Dídac Pallarès (superior). Propuesta concéntrica de modificación y tratamiento de recogida de aguas pluviales y residuales en en centro de Sant Boi de Llobregat aprovechando la topografía y la proximidad al río Llobregat. Proyecto de Alexandra Diana Stan y Alexandra Diana Dunel

5. Agradecimientos

A todos los estudiantes que nos han acompañado a lo largo de los últimos ocho años en los distintos cursos. Igualmente agradecer el apoyo de estudiantes becarios que han colaborado en preparar materiales de curso y en la edición de los resultados. Un agradecimiento muy especial al conjunto de los profesores de otras universidades que han participado en la construcción de esta aproximación, y muy especialmente al profesor Geoffrey Grulois liderando el equipo de la ULB y a la profesora Maria Chiara Tosi liderando el equipo IUAV. Finalmente, mencionar que esta experiencia académica se ha beneficiado de los proyectos financiados Erasmus+ ID/2013-ERA-IP-236 y SP/2015-1-BE01-KA203-013200 que impulsaron inicialmente su desarrollo.

6. Bibliografía

- ARNOLD, C.L. y GIBBONS, C.J. (1996). Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator. En *Journal of the American Planning Association*, 62(2). <<https://doi.org/10.1080/01944369608975688>>
- BERGEVOET, T. y VAN TUIJL, M. (2016). *The Flexible City. Sustainable Solutions for a Europe in Transition*. Nai 010 Publishers.
- CROSAS, C. y PEREA, J. (2018). Barcelona Metropolis. Interplay between Urban Project and Urban Metabolism. En G. Grulois, M. C. Tossi, y C. Crosas (Eds.), *Designing Territorial Metabolism. Barcelona, Brussels and Venice*. Jovis.
- DANNEELS, K. (2018). Historicizing Ecological Urbanism: Paul Duvigneaud, the Brussels Agglomeration and the influence of ecology on urbanism (1970-2016). En *On Reproduction. Re-Imagining the Political Ecology of Urbanism. Urbanism and Urbanization Conference Proceedings*.
- FLEMING, W.; STEINER, F.; WHITAKER, W.; M'CLOSKEY, K.; y WELLER, R. (2009, July 10). How Ian McHarg Taught Generations to 'Design With Nature.' *CityLab*.
- FORMAN, R.T.T. (2014). *Urban Ecology. Science of Cities*. Cambridge University Press.
- GRULOIS, G. y BORTOLOTTI, A. (2015). Cogenerative Design Strategies for a Sustainable Urban Metabolism. In G. Grulos, C. Crosas, J. Perea, y N. Casabella (Eds.), En *UPCycle Barcelona: Cogenerative Design Strategies for a Sustainable Urban Metabolism*. LOUISE-ULB + LUB-ETSAB-UP.
- GRULOIS, G. y CROSAS, C. (2015, June 15). Urban project revisited from urban metabolism principles: reflections from a workshop experience in Barcelona. En *Proceedings of 8th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU)*. <<https://doi.org/10.3390/ifou-D025>>
- LISIAS DA SILVA, C. (2008). *Park Güell arquitectura conformada por el agua. Gestión hídrica para la reforestación de la montaña pelada, en Barcelona*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/349565>> [Consulta 20 de junio de 2021]
- MAYORGA, M. (2018). Nuevas tecnologías y Mapping como herramienta para promover un urbanismo interdisciplinar. En *JIDA'18. VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. DOI: <<https://doi.org/10.5821/jida.2018.5560>> [Consulta 18 de junio de 2021]
- McHARG, I. (1969). *Design with nature*. New York: Natural History Press
- MOSTAFAVI, M. y DOHERTY, G. (Eds.). (2010). *Ecological Urbanism*. Lars Publishers. Baden.
- RANZATO, M. (2017). *Water vs. Urban Scape. Exploring Integrated Water-Urban Arrangements* (M. Ranzato, Ed.). Jovis.
- SIJMONS, D.; HUGTENBURG, J.; VAN HOORN, A.; y FEDDES, F. (2014). *Landscape and Energy. Designing Transition*. Nai 010 Publishers.
- TERRADAS, J.; PARÉS, M.; y POU, G. (1985). *Ecologia d'una ciutat. Barcelona* (Ajuntament de Barcelona, Ed.).
- VIGANÓ, P.; SECCHI, B.; y FABIAN, L. (Eds.). (2016). *Water and Asphalt The Project of Isotropy: Vol. UFO 5. Explorations of Urbanism*.