

JIDA'19

VII JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'19

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'19

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID
14 Y 15 DE NOVIEMBRE DE 2019

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

Joan Moreno, Judit Taberna, Jordi Franquesa

Edita

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

ISBN 978-84-9880-797-4 (IDP, UPC)

eISSN 2462-571X

D.L. B 9090-2014

© de los textos y las imágenes: los autores

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

Comité Organizador JIDA'19

Dirección, coordinación y edición

Berta Bardí i Milà (GILDA)

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

Daniel García-Escudero (GILDA)

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

Organización

Jordi Franquesa (coordinador GILDA)

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

Antonio Juárez Chicote

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Sergio De Miguel García

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Joan Moreno Sanz (GILDA)

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

Jesús Ulargui

Dr. Arquitecto, Subdir. Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Judit Taberna (GILDA)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Comité Científico JIDA'19

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSAB-UPC

Atxu Amann Alcocer

Dra. Arquitecta, Departamento de Ideación Gráfica, ETSAM-UPM

Irma Arribas Pérez

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

Iñaki Bergera

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-Universidad de Zaragoza

Jaume Blancafort

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

Enrique M. Blanco-Lorenzo

Dr. Arquitecto, Dpto. de Proyectos Arquitectónicos, Urbanismo y Composición, Universidad de A Coruña

Belén Butragueño Díaz-Guerra

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Ivan Cabrera i Fausto

Dr. Arq., Dpto. de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, ETSAB-UPC

Nuria Castilla Cabanes

Dra. Arquitecta, Departamento de Construcciones arquitectónicas, ETSAB-UPC

Rodrigo Carbajal-Ballell

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

Valentina Cristini

Dra. Arquitecta, Composición Arquitectónica, Instituto de Restauración del Patrimonio, ETSA-UPV

Begoña de Abajo

Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Carmen Díez Medina

Dra. Arquitecta, Composición, EINA-UNIZAR

Déborra Domingo Calabuig

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Enrique Espinosa

Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAM-UPM

Maria Pia Fontana

Dra. Arquitecta, Arquitectura e Ingeniería de la Construcción, EPS-UdG

Arturo Frediani Sarfati

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

Pilar Garcia Almirall

Dra. Arquitecta, Tecnología, ETSAB-UPC

Pedro García Martínez

Dr. Arquitecto, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, ETSAE-UP Cartagena

Mariona Genís Vinyals

Dra. Arquitecta, BAU Centro Universitario del Diseño de Barcelona

María González

Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Arianna Guardiola Víllora

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

Laura Lizondo Sevilla

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Íñigo Lizundia Uranga

Dr. Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, ETSA EHU-UPV

Emma López Bahut

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

Juanjo López de la Cruz

Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Magda Mària Serrano

Dra. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSAV-UPC

Cristina Marieta Gorriti

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

Marta Masdeu Bernat

Dra. Arquitecta, Arquitectura e Ingeniería de la Construcción, EPS-UdG

Camilla Mileto

Dra. Arquitecta, Composición arquitectónica, ETSA-UPV

Javier Monclús Fraga

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

Marta Muñoz

Arquitecta, Arquitectura, Moda y Diseño, ETSAM-UPM

David Navarro Moreno

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

Luz Paz Agras

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

Melisa Pessoa Marcilla

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

Jorge Ramos Jular

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

Amadeo Ramos Carranza

Dr. Arquitecto, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Javier Francisco Raposo Grau

Dr. Arquitecto, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Ernest Redondo Dominguez

Dr. Arquitecto, Representación arquitectónica, ETSAB-UPC

Patricia Reus

Dra. Arquitecta, Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación, ETSAE-UP Cartagena

Antonio S. Río Vázquez

Dr. Arquitecto, Composición arquitectónica, ETSAC-UdC

Jaume Roset Calzada

Dr. Físico, Departamento de Física Aplicada, ETSAB-UPC

Patricia Sabín Díaz

Dra. Arquitecta, Dpto. de Construcciones y Estructuras Arquitectónicas, Civiles y Aeronáuticas, Universidad de A Coruña

Inés Sánchez de Madariaga

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

Mara Sánchez Llorens

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Carla Sentieri Omarrementeria

Dra. Arquitecta, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Marta Serra Permanyer

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

Sergio Vega Sánchez

Dr. Arquitecto, Departamento de Construcción y Tecnología arquitectónicas, ETSAM-UPM

José Vela Castillo

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

Fernando Vegas López-Manzanares

Dr. Arquitecto, Composición arquitectónica, ETSA-UPV

Ferran Ventura Blanch

Dr. Arquitecto, Arte y Arquitectura, EAM-UMA

ÍNDICE

1. **Arquitectura ficción: pensamiento lateral para el diseño social del espacio. *Fictional Architecture: Lateral Thinking for Social Design of Space*.** Hernández-Falagán, David.
2. **Nuevas representaciones, Nuevas concepciones: “entender y hacer entender”. *MBArch ETSAB. New representations, New conceptions: “to understand and to make understood”*.** MBArch ETSAB. Zaragoza, Isabel; Esquinas-Dessy, Jesús.
3. **Diarios creativos: el dibujar como germen del aprendizaje productivo. *Creative diaries: drawing as the seed of productive learning*.** Salgado de la Rosa, María Asunción.
4. **La percepción en la revisión de proyectos arquitectónicos. *The perception in the review of architectural projects*.** Sánchez-Castro, Michelle Ignacio.
5. **Comportamiento térmico en edificios utilizando un Aprendizaje Basado en Problemas. *Thermal performance in buildings by using a Problem-Based Learning*.** Serrano-Jiménez, Antonio; Barrios-Padura, Ángela.
6. **Los talleres internacionales como sinergias generadoras de pensamiento complejo. *International workshops as complex thinking-generating synergies*.** Córdoba-Hernández, Rafael; Gómez-Giménez, Jose Manuel.
7. **Wikipedia como recurso para la alfabetización mediática arquitectónica. *Wikipedia as a resource for media architectural literacy*.** Santamarina-Macho, Carlos.
8. **Aprendiendo de Australia. El feminismo en la enseñanza y la práctica de la arquitectura. *Learning from Australia. Feminism in Architecture Education and Practice*.** Pérez-Moreno, Lucía C.; Amoroso, Serafina
9. **Aprendiendo a proyectar: entre el 1/2000 y el 1/20. *Learning to design: between 1/2000 and 1/20*.** Riewe, Roger, Ros-Ballesteros, Jordi; Vidal, Marisol; Linares de la Torre, Oscar.
10. **El mapa y el territorio. Cartografías prospectivas para una enseñanza flexible y transversal. *The map and the territory. Prospective cartographies for flexible and transversal teaching*.** Bambó-Naya, Raimundo; Sancho-Mir, Miguel; Ezquerra, Isabel.
11. **Regletas urbanas. Moldear las estructuras del orden abierto. *Urban Blocks. Moulding open-order structures*.** Rodríguez-Pasamontes, Jesús; Temes-Córdovez, Rafael.

12. **Mediación entre diseño y sociedad: aprendizaje y servicio en Producto Fresco 2019.** *Mediation between design and society: service-learning in Producto Fresco 2019.* Cánovas-Alcaraz, Andrés; Feliz-Ricoy, Sálvora; Martín-Taibo, Leonor.
13. **Learn 2 teach, teach 2 learn. Aprendizaje-Servicio e intercambio de roles en Arquitectura.** *Learn 2 teach, teach 2 learn. Service-Learning and change in roles in Architecture.* Carcelén-González, Ricardo; García-Martín, Fernando Miguel.
14. **Sistemas universitarios: ¿Soporte o corsé para la enseñanza de la arquitectura?** *University Systems: Support or corset to the architecture education?* Fuentealba-Quilodrán, Jessica; Barrientos-Díaz, Macarena; Goycoolea Prado, Roberto; Araneda-Gutiérrez, Claudio.
15. **Los límites de la ciudad y el rol del arquitecto.** *City Limits and the Architect's Role.* Esguevillas, Daniel; García Triviño, Francisco; Psegiannaki, Katerina.
16. **En busca del cuestionario necesario para el estudio de la didáctica de la arquitectura.** *Looking for the necessary questionnaire for the study of architecture didactics.* Santalla-Blanco, Luis Manuel.
17. **Métodos docentes en la Era Digital: sistemas de respuesta inmediata en clase de urbanismo.** *Teaching methods in the Digital Age: student response systems in an urbanism course.* Ruiz-Apilánez, Borja.
18. **Proyectar deprisa, proyectar despacio. Talleres de aprendizaje transversal.** *Fast architecture, show architecture. Learning through cross curricular workshops.* Cabrero-Olmos, Raquel.
19. **Función y forma en matemáticas.** *Form and function in Mathematics.* Rivera, Rafaela; Trujillo, Macarena.
20. **Collage digital y TICs, nuevas herramientas para la Historia y Teoría de la Arquitectura.** *Digital Collage and ITCs, new tools for History and Theory of Architecture.* García-Rubio, Rubén; Cornaro, Anna.
21. **La formación en proyectos arquitectónicos del profesorado internacional. La experiencia de Form.** *The International professor's formation at architectural design. The Form experience.* Martínez-Marcos, Amaya; Rovira-Llobera, Teresa.
22. **Proyectos 1: Estrategias proyectuales y diseño de mobiliario para el concurso Solar Decathlon.** *Projects 1: Project strategies and furniture design for Solar Decathlon competition.* Carbajal-Ballell, Rodrigo; Rodrigues-de-Oliveira, Silvana.

23. **Aprendiendo construcción mediante retos: despertando conciencias, construyendo intuiciones. *Learning construction through challenges: awakening consciences, building intuitions.*** Barrios-Padura, Ángela; Jiménez-Expósito, Rosa Ana; Serrano-Jiménez, Antonio José.
24. ***Transversality and Common Ground in Architecture, Design Thinking and Teaching Innovation.*** Sádaba-Fernández, Juan.
25. **Metodología: “Aprender haciendo”, aplicada al área de Construcciones Arquitectónicas. *Methodology: “Learning by doing”, applied to the Architectural Constructions area.*** Muñoz-González, Carmen M.; Ruiz-Jaramillo, Jonathan; Alba-Dorado, María Isabel; Joyanes Díaz, María Dolores.
26. **Matrioska docente: un experimento pedagógico en MACA ETSAM. *Teaching Matriosk: a pedagogical experiment at MACA ETSAM.*** Coca-Leicher, José de; Mallo-Zurdo, María; Ruíz-Plaza, Ángela.
27. **¿Qué deberíamos enseñar? Reflexión en torno al Máster Habilitante en Arquitectura. *What should we teach? Reflection on the Professional Master of Architecture.*** Coll-López, Jaime.
28. ***Hybrid actions into the landscape: in between art and architecture.*** Lapayese, Concha; Arques, Francisco; De la O, Rodrigo.
29. **El Taller de Práctica: una oficina de arquitectura en el interior de la escuela. *The Practice Studio: an architecture office inside the school.*** Jara, Ana Eugenia; Pérez-de la Cruz, Elisa; Caralt, David.
30. **Héroes y Villanos. *Heroes and Villains.*** Ruíz-Plaza, Ángela; Martín-Taibo, Leonor.
31. **Las ciudades y la memoria. Mecanismos de experimentación plástica en paisajes patrimoniales. *Cities and memory. Mechanisms of plastic experimentation in heritage landscapes.*** Rodríguez-Fernández, Carlos; Fernández-Raga, Sagrario; Ramón-Cueto, Gemma.
32. ***Design Through Play: The Archispiel Experience.*** Elvira, Juan; Paez, Roger.
33. **Del lenguaje básico de las formas a la estética de la experiencia. *From basic language of forms to aesthetics of experience.*** Ríos-Vizcarra, Gonzalo; Coll-Pla, Sergio.
34. **Arquitectura y paisaje: un entorno para el aprendizaje transversal, creativo y estratégico. *Architecture and landscape: a cross-cutting, strategic, and creative learning environment.*** Latasa-Zaballos, Itxaro; Gainza-BarrencuA, Joseba.
35. **Re-antropizar el paisaje abandonado. *Re-anthropizing abandoned landscapes.*** Alonso-Rohner, Evelyn; Sosa Díaz- Saavedra, José Antonio.

36. **Mi taller es el barrio. *The Neighborhood is my Studio*.** Durán Calisto, Ana María; Van Sluys, Christine.
37. **Arquitectura en directo, Aprendizaje compartido. *Live architecture, shared learning*.** Pérez-Barreiro, Sara; Villalobos-Alonso, Daniel; López-del Río, Alberto.
38. **Boletín Projecta: herramienta, archivo y registro docente. *Projecta Bulletin: tool, archive and educational record*.** Domingo-Santos, Juan; García-Píriz, Tomás; Moreno-Álvarez, Carmen.
39. **La Plurisensorialidad en la Enseñanza de la Arquitectura. *The Plurisensoriality in the Teaching of Architecture*.** Guerrero-Pérez, Roberto Enrique; Molina-Burgos, Francisco Javier; Uribe-Valdés, Javiera Ignacia.
40. **Versiones Beta. El prototipado como herramienta de aprendizaje. *Beta versions. Prototyping as a learning tool*.** Soriano-Peláez, Federico; Colmenares-Vilata, Silvia; Gil-Lopesino, Eva; Castillo-Vinuesa, Eduardo.
41. **Enseñando a ser arquitecto/a. Iniciación al aprendizaje del proyecto arquitectónico. *Teaching to be an architect. Introduction to the architectural project learning*.** Alba-Dorado, María Isabel.
42. **Arquitectura y conflicto en Ahmedabad, India. Docencia más allá de los cuerpos normados. *Architecture and conflict in Ahmedabad, India. Teaching beyond normative bodies*.** Cano-Ciborro, Víctor.
43. **Agua y ciudadanía: Estrategia Didáctica para la formación en contextos de cambio climático. *Water and citizenship: didactic strategy for training in climate change scenarios*.** Chandia-Jaure, Rosa; Godoy-Donoso, Daniela.
44. **Las TIC como apoyo al desarrollo de pensamiento creativo en la docencia de la arquitectura. *ICT as support for the development of creative thinking in the teaching of architecture*.** Alba-Dorado, María Isabel; Muñoz-González, Carmen María; Joyanes-Díaz, María Dolores; Jiménez-Morales, Eduardo.
45. **Taller de Barrio. Prototipo de taller de oficio como caso de vínculo multidireccional con el medio. *Taller de Barrio. Prototype for a craft workshop as case of multidirectional academic outreach*.** Araneda-Gutiérrez, Claudio; Ascuí-Fernández, Hernán; Azócar-Ulloa, Ricardo; Catrón-Lazo, Carolina.
46. ***Building the City Now!: Towards a Pedagogy for Transdisciplinary Urban Design*.** Massip-Bosch, Enric; Sezneva, Olga.

47. **Dinámicas participativas y multidisciplinariedad en proyectos docentes de regeneración urbana. *Participatory dynamics and multidisciplinary in urban regeneration teaching projects.*** Portalés Mañanós, Ana; Sosa Espinosa, Asenet; Palomares Figueres, Maite.
48. **Taller de proyectos II: aprender haciendo a través del espacio de la experiencia. *Taller de proyectos II: learning by doing through experience space.*** Uribe-Lemarie, Natalia.
49. ***Experimentation, Prototyping and Digital Technologies towards 1:1 in architectural education.*** Dubor, Alexandre; Marengo, Mathilde; Ros-Fernández, Pablo.
50. **Aprender construcción analizando fotografías de edificios. *Learning Construction by Analyzing Photographs of Buildings.*** Fontàs-Serrat, Joan; Estebanell-Minguell, Meritxell.
51. **Microarquitecturas super abstractas. Jugando con tizas, pensando arquitectura con las manos. *Super abstract micro architectures. Playing with chalk, thinking arquitectura with hands.*** Alonso-García, Eusebio; Zelli, Flavia.
52. **Incorporación del blended learning al taller de proyectos arquitectónicos. *Incorporating blended learning to the architectural design-studio.*** Nicolau-Corbacho, Alberto; Verdú-Vázquez, Amparo; Gil-López, Tomás.
53. **El proyecto arquitectónico en paisajes patrimoniales: una experiencia de inmersión internacional. *Architectural project in heritage landscapes: an international immersion experience.*** Fernández-Raga, Sagrario; Rodríguez-Fernández, Carlos; Fernández-Villalobos, Nieves; Zelli, Flavia.
54. **Retrato hablado del pasado. Un documento social de Taller de Barrios. *Spoken portrait of the past. A Taller de Barrios social document.*** Sáez-Gutiérrez, Nicolás; Burdiles-Cisterna, Carmen Gloria; Lagos-Vergara, Rodrigo; Maureira-Ibarra, Luis Felipe.
55. **Las revistas de arquitectura. Una herramienta para la docencia en Historia de la Arquitectura. *The architecture magazines. A tool for teaching in Architecture History.*** Palomares Figueres, Maite; Iborra Bernad, Federico.
56. **El detalle constructivo como expresión multiescalar de la forma. *The constructive detail as a multi-scale expression of the form.*** Ortega Culaciati, Valentina.
57. **La historia de la arquitectura y la restauración en el siglo XXI: utilidad y reflexiones. *The History of Architecture and the Restoration in the 21st century: utility and reflections.*** La Spina, Vincenzina; Iborra Bernard, Federico.

58. **Aprendizaje activo en Urbanismo: aproximación global desde una formación local. *Active learning in Urbanism: global approach from a local learning.*** Soto Caro, Marcela; Barrientos Díaz, Macarena.
59. **UNI-Health, Programa Europeo de Innovación Educativa para la Salud Urbana. *UNI-Health, European Innovative Education Program for Urban Health.*** Pozo-Menéndez, Elisa; Gallego-Gamazo, Cristina; Román-López, Emilia; Higuera-García, Ester.
60. **Taller de Barrio. Innovación pedagógica a través de alianzas tripartitas. *Taller de Barrio. Pedagogical innovation through threefold alliances.*** Araneda-Gutiérrez, Claudio; Burdiles-Allende, Roberto; Reyes-Pérez, Soledad, Valassina-Simonetta, Flavio.
61. **El taller de arquitectura más allá del enfoque tradicional de Donald Schön. *The architecture studio beyond Donald Schön's traditional approach.*** Arentsen-Morales, Eric.
62. **La construcción del Centro Social de Cañada Real como medio de formación e integración. *The construction of Cañada Real Social Center as instrument for training and integration.*** Paz Núñez-Martí; Roberto Goycoolea-Prado.

Versiones Beta.

El prototipado como herramienta de aprendizaje

Beta versions.

Prototyping as a learning tool

Soriano-Peláez, Federico ^a; Colmenares-Vilata, Silvia ^b; Gil-Lopesino, Eva ^c; Castillo-Vinuesa, Eduardo ^d

^a Catedrático, Proyectos Arquitectónicos, UPM, ETSAM, España, federico.soriano@upm.es; ^b Prof. Ayudante Doctor, Proyectos Arquitectónicos, UPM, ETSAM, España, silvia.colmenares@upm.es; ^c Prof. Ayudante, Proyectos Arquitectónicos, UPM, ETSAM, España, eva.gil@upm.es; ^d Arquitecto, UPM, ETSAM, España, castillovinuesa@gmail.com

Abstract

The goal of this paper is the formulation of a methodological proposal for the teaching of architectural design focused on the combination of work with the model and the manufacture of prototypes. For this, the specific competencies that this practice mobilizes will be discussed in contrast to other apparently similar ones such as the production of maquettes. While the digital model is a technical system that processes, according to internal standards and external conditions, certain information for the preparation of another, the prototype is a partial physical model of a specific part of the project whose operation states a technical or material resolution of the model. Dealing with prototypes is not the creation of models that "work", but to shape an idea in order to know its strengths and weaknesses, therefore identifying new directions for the next generation of more detailed and refined prototypes. What the prototype teaches us is to learn from error.

Keywords: *architectural design, prototyping, experiential learning, materiality, error.*

Resumen

El objetivo de esta comunicación es la formulación de una propuesta metodológica para la enseñanza de proyectos arquitectónicos centrada en la combinación del trabajo con el modelo y la fabricación de prototipos. Para ello se discutirán las competencias específicas que moviliza esta práctica en contraposición con otras aparentemente semejantes como la producción de maquetas. Mientras el modelo digital es un sistema técnico que procesa, según normas internas y condiciones externas, una información para la elaboración de otra, el prototipo es un modelo físico parcial de una parte específica del proyecto cuyo funcionamiento enuncia una resolución técnica o material del modelo. El trabajo con prototipos no es la creación de modelos que 'funcionen', sino dar forma a una idea para conocer sus fortalezas y debilidades e identificar nuevas direcciones para la próxima generación de prototipos más detallados y refinados. Lo que el prototipo nos enseña es a aprender del error.

Palabras clave: *proyectos arquitectónicos, prototipado, aprendizaje experiencial, materialidad, error.*

Introducción

El plan de contenidos asociado al Proyecto de Innovación Educativa (PIE), que la Unidad Docente de Proyectos que conformamos los autores de este texto en la ETSAM-UPM desarrolla para el último curso de grado, está centrado sobre el cambio de herramientas y modelos de trabajo en la producción de los objetos arquitectónicos. Hasta ahora, la arquitectura se ha basado en un estándar de representación definido desde el Renacimiento (Soriano, 2019) que, no sólo ha conformado el contenido y la disciplina, sino que también ha organizado el ámbito profesional. La arquitectura es pensada, transmitida y construida por el conjunto de tres documentos gráficos: planta, alzado y sección. Conceptualmente esos documentos caracterizan a una arquitectura objetual, estática, volumétrica, con lenguajes y estilos definidos por su aplicación a las superficies, resolviendo las complejidades específicas individualmente en cada documento gráfico, y especializando programas en plantas y teorías espaciales en secciones... Operativamente, también ha significado la separación del pensar y del hacer, estableciéndose dos agentes con cometidos muy diferentes, arquitecto y constructor, que hasta entonces se confundían o mezclaban.

Sin embargo, debido a diversos factores, este estándar no puede responder a las condiciones dinámicas, complejas y colaborativas en las que la arquitectura debe desenvolverse hoy en día. Nuestras investigaciones proponen otro sistema diferente, compuesto por un *modelo* (Soriano, Gil y Castillo, 2018) y un *prototipo*. Un modelo supone un sistema gráfico complejo que debe acumular todas las informaciones, sistemas y datos disponibles en una única representación de la realidad. Ello sustituye el entendimiento objetual previo por la comprensión de la arquitectura como un acontecimiento o un evento, donde el tiempo y lo cambiante es un paradigma de diseño. Supone también establecer sistemas de trabajo colaborativos y diálogos directos con el cliente. Todo ello es necesario ensayarlo en nuevas formas de docencia que implementen procesos de trabajo que ya no responden a los anteriores planes de estudio.

Pero el modelo no puede solucionar el contacto con la realidad completamente ni la inserción de los procesos productivos y constructivos empresariales. Por ello debe completarse, y complementarse, con un prototipo o 'mock-up'.

1. El prototipo

La arquitectura ha modificado su relación con la obra, con lo real. No sólo porque ahora es un acontecimiento, un evento, un dispositivo dinámico, y por ello es necesario una capacidad de adaptación inmediata a los programas y usuarios presentes en cada instante, sino porque los procesos industriales son más complejos, cerrados y exigentes, debiéndose integrar desde las primeras etapas de diseño. Los arquitectos no hacen detalles constructivos finalistas, sino que asumen procesos industriales y productos materiales, cada vez de mayor envergadura y con mayor influencia en todo el proceso de diseño. Los agentes involucrados, tampoco aparecerán después de conformado y aprobado el proyecto, sino que, en muchos casos, son actores iniciales, incluso desde las decisiones programáticas.

Se entiende que la tecnología ha dejado de ser lo opuesto a lo artesano. Ambas se han fundido en estos sistemas mixtos. La maquinaria más sofisticada comparte lugar con la mano que fabrica una parte de la construcción o la ejecución física. En la acelerada producción se pasa de productos a prototipos. La construcción maneja productos genéricos que, con manipulaciones y alteraciones manuales, se reinventan en una nueva localización, construcción, presupuesto... Creemos que los procesos técnicos se adaptan, al igual que

ocurre con la localización. Los procesos se ejecutan en varios puntos a la vez, conectados casi en tiempo real.

Definimos el prototipo como un fragmento construido a escala 1:1 del modelo que se constituye como un elemento autónomo representativo de la condición material final de la arquitectura proyectada. No es una translación directa a la realidad del modelo. Al contrario, tiene su origen en decisiones productivas y técnicas previas y autónomas que deben trasplantarse, una vez chequeadas y aceptadas, al modelo previo, para su integración en el sistema completo. Son secciones que intervienen en un momento crucial del trabajo de un arquitecto, marcando el paso de la fase abstracta a la constructiva (Bru y Theriot, 2018).

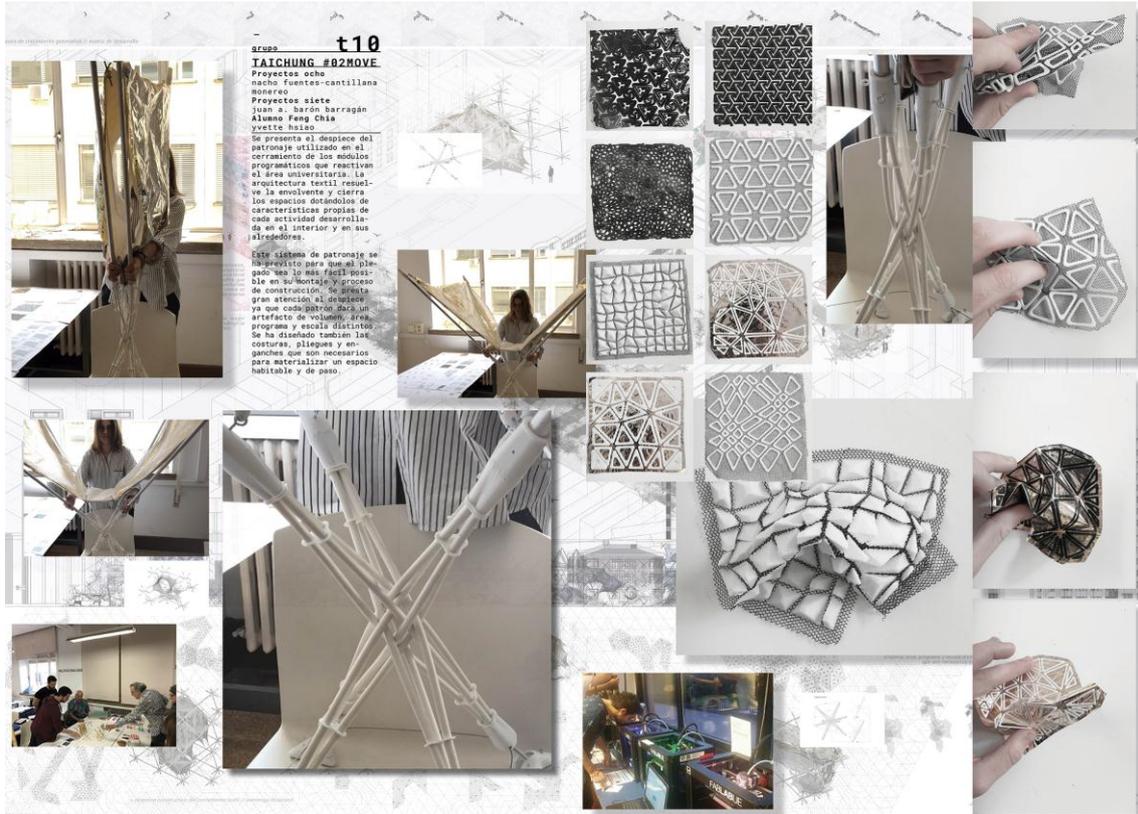


Fig. 1 Prototipos desarrollados por estudiantes. Mayo de 2018. Fuente: VV.AA. (2018)

Un prototipo, pues, plantea una pregunta a unas empresas, a unos técnicos o artesanos y a unos sistemas de producción industrializados para definir un proceso tectónico, material y conceptual, realizar una verificación tanto perceptiva y fenomenológica como técnica y presupuestaria y, finalmente introducirla en todas sus capas y condiciones en el modelo para completarlo. Un prototipo pone en carga de realidad el modelo. Un prototipo no es otra representación y por ello no puede trabajar a escala. No se evalúan proporciones, ni simetrías, sino que se comprueban sistemas y viabilidades. Un prototipo explora condiciones híbridas de construcción o materiales, investiga compatibilidades entre sistemas aparentemente incompatibles, asume lo artesanal de los procesos e integra los sistemas de impresión 3D en los inicios del proyecto.

El prototipo no se debe desarrollar al final de los procesos de diseño proyectual sino que debe implementarse desde los mismos inicios, ya que las decisiones que de él emanen pueden modificar completamente elementos y categorías del modelo. No son documentaciones. Son

muestras completas de obra. Es una herramienta de verificación y una herramienta de orientación que se asocia al modelo.

El prototipo no es un modelado parcial, ni tampoco se reduce al trabajo que desarrollan los FabLabs. Aunque parte del trabajo se efectúe en esos talleres, su finalidad desborda el taller y se alarga hasta los sistemas industriales. Intenta llegar a impresiones directas.

Con el prototipo no sólo se pretende que el estudiante trabaje desde el inicio del curso sobre las etapas finales de la definición del proyecto y se implique en el desarrollo estructural, técnico, constructivo, sino que también recupere una integración de los procesos del hacer que la definición disciplinar de la arquitectura moderna había relegado u olvidado, concentrada exclusivamente en el pensar. La integración de empresas en los procesos de diseño, o la redefinición de la figura del arquitecto son también finalidades de este trabajo.

2. Prototipos vs maquetas

Una de las consideraciones que debemos hacer se refiere a la distinción entre la construcción de maquetas y la fabricación de prototipos; una tarea que se ve afectada por problemas de lenguaje. El término inglés para referirse a una maqueta es 'model', pero este vocablo tiene también muchas otras acepciones que coinciden con las que tiene su traducción directa al español como 'modelo'.

Si tomamos la definición ofrecida por Echenique, en la que "un modelo es una representación de la realidad, donde 'representación' es la expresión de ciertas características relevantes de la realidad observada, y 'realidad' es el conjunto de objetos o sistemas que existen, han existido o pueden existir" (Echenique, 1970; 25), entonces tanto la maqueta como el prototipo serían sólo un caso particular del modelo. Ambos son modelos físicos en los que la realidad del objeto representado ha sido de alguna forma seleccionada. Como ha señalado Monk, todo modelo es especializado y limitado, ya que "si todos los aspectos del modelo y el objeto fueran iguales, entonces serían indistinguibles" (Monk, 1998; 40). Sin embargo, en el ámbito de la enseñanza de la arquitectura, estas dos prácticas persiguen objetivos muy distintos, y por lo tanto son herramientas diferentes desde el punto de vista de la docencia.

De forma general, el modo en que la maqueta permite esta especialización es mediante una relación analógica, es decir, explotando la relación de semejanza entre cosas distintas. Este mecanismo comienza con la reducción en escala (de la Cova, 2016; 12) del objeto representado, lo que obliga a establecer una traducción material. Así, la correspondencia se establece siguiendo una convención o código que puede deducirse de la observación de la maqueta gracias a la abstracción de ciertas cualidades de la realidad reconocibles en ella. Por esta razón, la maqueta es un instrumento de comunicación muy eficaz, ya que permite destacar determinados aspectos y focalizar la atención en ellos sin renunciar a una representación de la totalidad del proyecto. Si bien su función no es meramente descriptiva, su tradicional empleo como complemento al dibujo ha contribuido a considerar la producción de maquetas como una actividad dirigida a la representación de un estado final.¹ Incluso cuando se emplean como herramienta generativa bajo la expresión 'maquetas de trabajo', aparece un necesario plural donde cada uno de los avances en el proceso se presenta como una secuencia o colección de objetos. Este enfoque es el que prevalece en el planteamiento de muchos cursos iniciales de

¹ Algunos autores han establecido en el Renacimiento el origen de la atribución de un mayor estatus intelectual al dibujo frente a la maqueta, subsidiaria de éste (Starkey, 2007).

proyectos, donde se invita al estudiante a una exploración más intuitiva y directa a través del trabajo manual, liberada de las exigencias de un aprendizaje más técnico vinculado al dibujo arquitectónico. Se trata de una metodología especialmente favorable para la conformación de un pensamiento abstracto que reduce la complejidad y trabaja con categorías generales (estructura, espacio, luz, programa, movimiento, etc...)

En cambio, en el ámbito de la propuesta pedagógica a la que se refiere esta comunicación, la relación que el prototipo establece con su referente es metonímica, es decir, el conjunto está representado, y definido, por una parte. La limitación de su extensión no se basa en una transformación escalar sino en una selección significativa de un fragmento capaz de explicar la totalidad. Y por esa misma razón la validez del resultado depende de la literalidad material con la que se desarrolla. No es posible la sustitución de un elemento por otro con su misma apariencia sino con sus mismas propiedades. Estas propiedades pueden ser exclusivamente geométricas – como en el prototipado rápido realizado generalmente con técnicas de fabricación digital - pero por lo general incluirán también alguna propiedad física (elasticidad, reflexión, peso, etc...). El grado de fidelidad entre el prototipo y el diseño puede variar hasta alcanzar la coincidencia total, como en el caso de los ‘mock-ups’.

En la construcción de un prototipo el riesgo es una condición intrínseca porque tiene un carácter experimental. El fallo es una parte importante del proceso, que podría definirse también como una sucesión de éxitos parciales (Blurry, 2017; 16). Un prototipo debería ser, al mismo tiempo, una pregunta y una respuesta.² Pero el objetivo del trabajo con prototipos no es exclusivamente la creación de ‘modelos que funcionen’. Lo que se persigue es dar forma a una idea para conocer sus fortalezas y debilidades e identificar nuevas direcciones para la próxima generación de prototipos más detallados y refinados. Un avance que se produce a través de un pensamiento necesariamente concreto, que sin embargo puede permanecer abierto. La naturaleza del prototipo es su perfectibilidad, no su representatividad.

Tabla 1. Resumen comparativo entre maqueta y prototipo

	MAQUETA	PROTOTIPO
SEMEJANZA	analogía	metonimia
MATERIALIDAD	traducción material	literalidad material
EXTENSIÓN	reducción por escala	reducción por fragmentos
PENSAMIENTO	abstracto	concreto
PROCESO	descriptivo/generativo	experimental

Fuente: Elaboración propia (2019)

3. Tres niveles de innovación

Existen numerosas definiciones del concepto de innovación, cada una de ellas ajustadas a su ámbito de aplicación, pero todas comparten la idea de una introducción sistemática de mejoras o cambios sobre los conocimientos, procesos o productos existentes. Desde este punto de vista, el trabajo con prototipos promovido dentro de la propuesta pedagógica objeto de análisis presenta tres niveles de innovación:

² Así lo define Bob Sheil, Director de The Barlett School of Architecture. (Burry, 2017)

La primera y más evidente es una innovación técnica. Partiendo de sistemas constructivos, principios estructurales o cualidades materiales conocidas el estudiante trata de integrarlas en un modelo físico que le permite enunciar una resolución técnica del proyecto que va más allá de la aplicación de soluciones estandarizadas o de uso común.

Puede considerarse también que el estudiante, como agente fundamental de la innovación educativa, está innovando cuando introduce en su rutina de aprendizaje procedimientos nuevos que no ha utilizado con anterioridad. La fabricación de prototipos, por su carácter experimental, le obliga a adoptar una posición crítica respecto de lo que conoce o puede explicar y a asumir la responsabilidad de lo que propone al resto del grupo para ser llevado a cabo.

Por último, el marco metodológico basado en el uso combinado de un modelo digital y de un prototipo físico constituye una actualización respecto de otras fórmulas docentes ya clásicas y ampliamente extendidas que tienden a priorizar exclusivamente uno de los dos entornos de aprendizaje. Además, el hecho de haberlo aplicado durante 6 semestres consecutivos ha posibilitado la introducción de mejoras, por lo que podría definirse en sí mismo como un prototipo docente.

4. Descripción de la experiencia docente

El prototipado como herramienta de aprendizaje es una de las cuatro líneas de innovación educativa que se integran dentro del plan docente *Investigation on Models* que los autores de esta comunicación han desarrollado a lo largo de seis cuatrimestres en la Unidad 24 del Departamento de Proyectos de la ETSAM-UPM y que en la actualidad sigue en desarrollo. La docencia corresponde a las asignaturas de Proyectos 7 y Proyectos 8 que se imparten en los últimos cursos del Grado en Fundamentos de la Arquitectura en la ETSAM-UPM:

Tabla 2. Datos relativos a los cursos impartidos

Cliente	año académico	cuatrimestre	nº alumnos P7	nº alumnos P8
FACTUM FOUNDATION	2016/17	2c	9	22
FACTUM FOUNDATION	2016/17	1c	12	34
FENG CHIA UNIVERSITY	2017/18	2c	10	17
D.G DE PATRIMONIO. AYTO. MADRID	2017/18	1c	15	33
D.G DE PATRIMONIO. AYTO. MADRID	2018/19	2c	9	16

Fuente: Elaboración propia (2019)

El plan docente se compone de cuatro temáticas principales que articulan el curso, cada una de las cuales constituye una línea de investigación en sí misma: El Modelo, El Prototipo, El Cliente y La Negociación (Soriano, Gil y Castillo, 2018).

4.1. Estructura Docente

Los cursos se estructuran en tres bloques independientes, de aproximadamente la misma duración, como partes de un mismo proceso de desarrollo del proyecto. El Modelo, El Cliente La Negociación y El Prototipo atraviesan transversalmente todos los bloques del curso, teniendo estos dos últimos mayor carga lectiva en las etapas finales del mismo.

BLOQUE 01: OBJETOS Y CATEGORÍAS. Investigación + Definición Objeto de estudio.
Desarrollo individual.

Como punto de partida del curso, se reparte a cada alumno un objeto y una categoría. Los objetos son el resultado de diversos procesos de fabricación no convencionales y van acompañados cada uno de una descripción técnica. Su función es generar un input inicial de proyecto, aportando claves de diseño a distintas escalas y dimensiones en función de una lectura interesada y personal por parte de cada alumno: cuantitativamente, cualitativamente, como objeto, contenido, significado, sintaxis, etc. Se persigue que estos objetos no se interpreten en clave metafórica o simbólica, sino como fuentes de información material, técnica o constructiva directa.

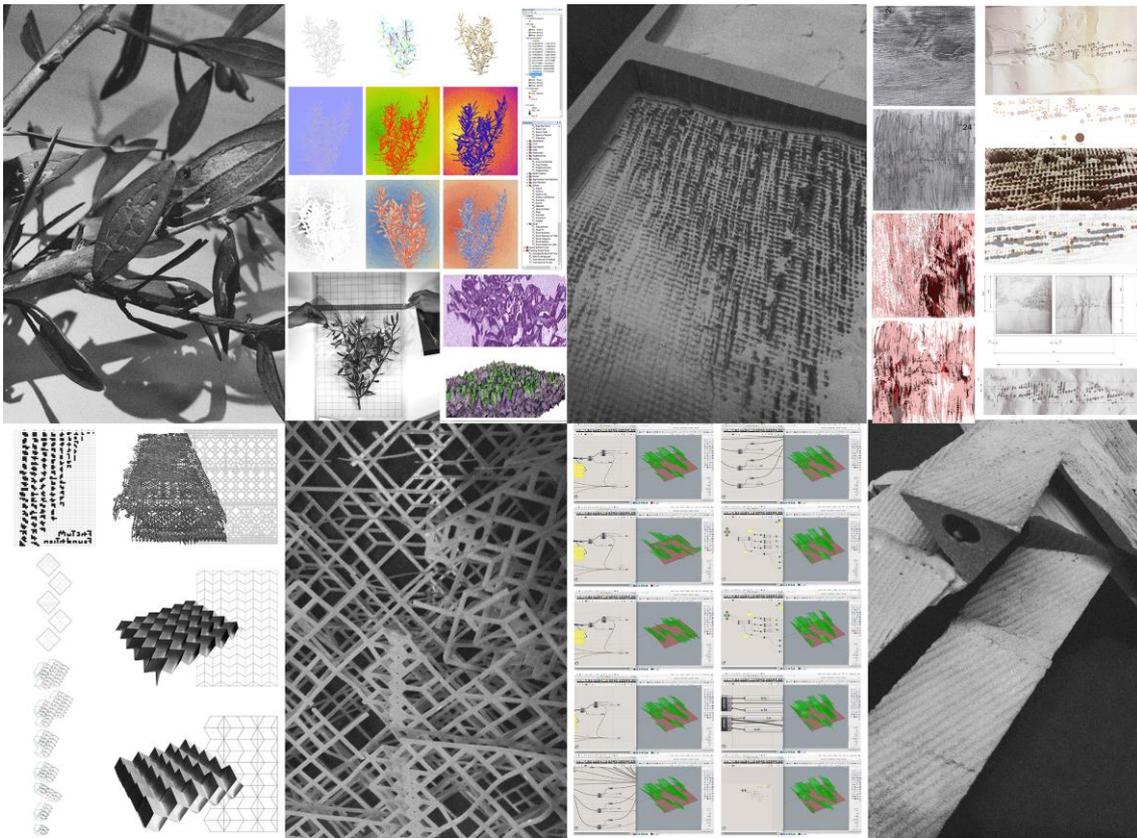


Fig. 2 Trabajo de alumnos vinculando modelo y prototipo. Fuente: VV.AA. (2018)

Por otra parte, el cruce de la referencia-objeto con una categoría permite a cada alumno configurar una visión específica a la hora de aproximarse a la interpretación de los objetos, generando múltiples lecturas de los mismos y de los procesos que los constituyen.

Tabla 3. Tipos de categorías

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Procesos Técnico-Infraestructurales	Condiciones de Gravedad y Estabilidad	Condiciones de Textura-Superficie	Condiciones Socioculturales

Fuente: Elaboración propia (2019)

Durante las primeras semanas los alumnos analizan e investigan los objetos que se les asignan y racionalizan los procesos de fabricación de los que surgen hasta ser capaces de emular procedimientos similares que configuran la base sobre la que desarrollar sus propuestas. El bloque finaliza con la entrega de cada alumno de un proyecto individual que el cliente valora y califica.

BLOQUE 02: VERSIONES BETA: Tanteos de prototipado. Desarrollo en grupo.

Tras la entrega de las propuestas individuales, se realizan unas jornadas de negociación en las que se conforman grupos de trabajo formados por alumnos que compartían la misma categoría pero que habían partido de objetos diferentes. Estas sesiones de negociación sirven a su vez para establecer, desde las preexistencias de sus respectivos proyectos individuales, las bases para la realización de un nuevo proyecto conjunto que integre las propuestas individuales previas.

A lo largo de este bloque los grupos comienzan a realizar aproximaciones prototípicas físicas que, si bien no constituyen todavía un prototipo pleno, sí que experimentan la viabilidad material y constructiva de algunas de las decisiones tomadas en el modelo, generando versiones perfectibles mediante el ajuste progresivo de sus prestaciones. Durante las correcciones de estas versiones beta, se insta a los alumnos a recuperar las investigaciones en torno a los objetos realizadas durante el primer bloque, como parte de la estrategia para aproximarse a la ejecución material de estos primeros tanteos de prototipado. Mediante un proceso de prueba y error, en el que en ocasiones se confunden el concepto de prototipo con el de maqueta, detalle constructivo o muestra material, los grupos comienzan a comprender el concepto de prototipo y a integrarlo progresivamente como parte esencial y definitoria del proyecto.



Fig. 3 y 4 Versiones beta de algunos prototipos desarrollados por alumnos. Fuente: VV.AA. (2019)

El bloque se cierra con la entrega de una propuesta de proyecto grupal que aglutine las virtudes de los proyectos individuales realizados durante el primer bloque.

BLOQUE 03: PROTOTIPOS. Evolución del proyecto a nivel de prototipo. Desarrollo en grupo.

El último bloque ocupa las semanas previas a la entrega final del curso. Es aquí cuando la herramienta docente del prototipo cobra mayor importancia, operando allí donde el modelo encuentra sus limitaciones. Durante estas semanas, en las que el nivel de definición de los proyectos está ya muy avanzado, los estudiantes realizan prototipos a una escala entre el 1:1 y 1:10, testeando desde un plano material y físico, muchas de las decisiones tomadas en el modelo. Los prototipos no son maquetas u objetos finalistas, sino que constituyen una herramienta que ayuda a visibilizar de forma práctica la performatividad de un diseño arquitectónico, enfrentando las decisiones tomadas en un plano digital a los condicionantes físicos del mundo de lo construido. Esto lo convierte necesariamente en un proceso de repetición y perfeccionamiento, dando como resultado una colección de prototipos que van ganando en complejidad en comparación con las primeras versiones beta, capaces de responder de forma progresiva, y cada vez más sofisticada, a las casuísticas específicas del proyecto en cuestión, a medida que la definición de éste va aumentando en las etapas finales del curso.



Fig. 5 Muestra de un prototipo textil biológico formado por la fermentación del hongo Kombucha. Mayo de 2018.

Fuente: VV.AA. (2018)

Se genera por lo tanto a lo largo del bloque un proceso de fricción mutua entre el modelo y los prototipos, obligando a los alumnos a repensar y redefinir muchas de las decisiones proyectuales tomadas en vías de la viabilidad técnica del proyecto. El bloque y el curso se cierran con la presentación por parte de cada grupo de los proyectos y los prototipos al cliente quien valora los proyectos y colabora en su calificación.

Tabla 4. Cronograma que define los bloques del curso y las metodologías pedagógicas

	CRONOGRAMA DEL CURSO	TIPOLOGÍA DE LAS EXPERIENCIAS	ESTRATEGIAS A FUTURO
OBJETOS + CATEGORIAS	<p>BLOQUE 01</p> <p>S 0: Presentación pública</p> <p>S 1: Presentación del curso en el aula. Sorteo de las condiciones de trabajo (Objeto + Categoría). Se facilita al alumno el material a estudiar (publicaciones).</p> <p>S 2: Presentación de la empresa colaboradora (cliente). La empresa colaboradora lanza los retos y preguntas a desarrollar. Sorteo de las condiciones de trabajo II.</p> <p>S 3: Presentaciones de investigaciones individuales. Pre-entrega individual.</p> <p>S 4: Reflexiones individuales sobre el modelo y el formato.</p> <p>S 5: Entrega final individual del primer bloque. Presentación a la empresa colaboradora. Evaluación por parte del agente externo colaborador (cliente).</p>	<p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟢 Aprendizaje-Servicio</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟢 Aprendizaje-Servicio</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟢 Aprendizaje-Servicio</p>	<p>-Vinculación a eventos networking, ferias del producto, contacto con posibles clientes o empresas colaboradoras</p> <p>-Convenios bilaterales con universidades y agentes extranjeros</p> <p>- Proyector o pantalla móvil (flexibilidad del espacio aula)</p> <p>- Tecnología para compartir pantalla (HDMI, Chromecast) (agilizar modo presentaciones)</p> <p>-Ordenador equipado para presentaciones y mando/puntero para pasar diapositivas (facilitar presentaciones)</p> <p>-Videoconferencias con el agente colaborador</p>
VERSIONES BETA	<p>BLOQUE 02</p> <p>S 6: Sorteo de los grupos colaborativos de trabajo. Speed dating v. 1.0. Presentación y firma de contratos.</p> <p>S 7: Trabajo colaborativo en un único proyecto negociado. Trabajo en equipo.</p> <p>S 8: Speed dating v.2.0. Trabajo en equipo. Negociaciones sobre el proyecto colaborativo.</p> <p>S 9: Entrega del proyecto conjunto por grupo. Visita Sede del cliente.</p> <p>S 10: Presentación a la empresa colaboradora v. 2.0. Evaluación del proceso por parte del agente externo colaborador (cliente).</p>	<p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟢 Inteligencia colectiva</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟢 Inteligencia colectiva</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟢 Inteligencia colectiva</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟢 Inteligencia colectiva</p> <p>🟦 Aula Invertida</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟢 Aprendizaje-Servicio</p> <p>🟢 Inteligencia colectiva</p>	<p>-Cámara de vídeo + trípode (registro audiovisual)</p> <p>-Becario (s) para elaboración de MOOC y OCW</p> <p>-Discos duros o espacio de almacenamiento en la nube (modelos 3d /presentaciones /material audiovisual)</p> <p>-Espacio web para crear un repositorio digital</p> <p>-Creación de biblioteca compartida</p> <p>-Cámara de vídeo + trípode (registro audiovisual)</p> <p>-Dispositivo con cámara y pantalla para videoconferencias con el cliente.</p>
PROTOTIPOS	<p>BLOQUE 03</p> <p>S 11: Investigación colaborativa sobre prototipos reales a escala 1:5.</p> <p>S 12: Volcado de la información del prototipo al modelo y a los documentos 2D. Trabajo en prototipos. Pre entrega colaborativa del trabajo en equipo.</p> <p>S 13: Volcado de la información del prototipo al modelo y a los documentos 2D. Revisión del prototipo y del modelo.</p> <p>S 14: Desarrollo del proyecto colaborativo. Postproducción de la entrega y preparación de la presentación al cliente.</p> <p>S 15: Presentación final a la empresa colaboradora v.3.0. Entrega final. Evaluación final por parte del agente externo, profesionales invitados y profesores. Elaboración de publicaciones.</p>	<p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🟡 Design-Thinking</p> <p>🟦 Aula Invertida.</p> <p>🟡 Recursos basados en RA y 3D</p> <p>🔴 Aprendizaje basado en retos</p> <p>🟢 Aprendizaje-servicios</p>	<p>-Vínculo a FabLab (acuerdo con otras escuelas UPM), posibilidad de dar clase en talleres en alguna de estas semanas.</p> <p>-Trabajo con impresoras 3D, máquinas CNC, etc.</p> <p>- alquiler/ acceso temporal a maquinaria (impresoras 3d, corte láser, máquinas de vacío, robots)</p> <p>-becario(s) para publicaciones -impresión: publicaciones /cartelería -difusión externa UPM de las publicaciones (ferias/congresos)</p>

Fuente: Elaboración propia (2018)

5. Conclusiones

Con todo lo expuesto anteriormente podríamos referirnos a esta herramienta de aprendizaje como la *versión beta* de un curso de proyectos arquitectónicos en el que el prototipo, junto con otras herramientas como el modelo, atraviesa y acompaña al estudiante durante las dieciséis semanas del cuatrimestre en diferentes momentos. Esta versión que ha pasado la etapa de prueba interna (la denominada *versión alpha*, en la que se desarrolla y propone una metodología docente sobre el papel, en un proyecto de innovación educativa) es lanzada a los estudiantes para testarla y realizar pruebas públicas, ir afinándola y mejorando en cada cuatrimestre implementado, convirtiendo así a la propia propuesta de curso en un prototipo docente en sí mismo, como ya enunciábamos con anterioridad.

Esta metodología docente ha sido asignada a un grupo experimental (o de tratamiento) durante 5 cuatrimestres consecutivos y no se ha podido disponer de un grupo de control en ninguno de los casos porque no es conveniente dentro de nuestra estructura docente ya que no disponemos de dos grupos de la misma asignatura para poder realizar una comparativa entre ambos. Debido a la cantidad de personas que conforman una clase de nuestras asignaturas (entre 30 y 50 estudiantes) no es conveniente dividirla en dos para obtener un grupo experimental que trabaje con el prototipo durante todo el cuatrimestre y otro, de control, que siga el curso sin la implementación del prototipado ya que, como indica Rafael Bisquerra, para lograr un diseño propiamente experimental deberíamos trabajar con grupos de al menos 30 personas cada uno, y así lograr un diseño pretest-posttest con grupo de control (Bisquerra, 2009; 188). Esta división podría derivar en un agravio comparativo entre estudiantes de los distintos métodos en un mismo grupo. Esta *versión beta* es un diseño pre-experimental de un diseño de sólo posttest con un grupo y sus resultados son difíciles de interpretar, pero sin embargo, es un buen generador de ideas que, más adelante, puedan ser probadas con diseños más sistémicos.

Esta *versión beta* del marco metodológico implantado, que incluye el desarrollo de un prototipo físico durante el curso, se va puliendo a través de la opinión de los estudiantes que realizan el mismo. Desde el segundo cuatrimestre de su implantación (cuatrimestre de otoño del curso 2017/2018) enseguida se hizo necesario implementar una encuesta más específica que las realizadas por el plan de calidad de la Universidad Politécnica de Madrid. Una vez finalizado el curso académico, con las calificaciones ya fijadas y publicadas, se pone a disposición de los estudiantes una encuesta anónima, voluntaria, más específica de 10 preguntas en la que se les da la oportunidad de exponer su opinión y valoración de una forma cuantitativa (con una escala de valoración) y cualitativa (con preguntas abiertas en las que pueden introducir hasta 400 palabras por respuesta). La encuesta se realiza mediante la herramienta SurveyMonkey y se publica en el grupo de Facebook compartido con los estudiantes, dejándola abierta para que puedan responderla en cualquier momento posterior al fin del curso. Hasta la fecha se han hecho cuatro encuestas, correspondientes a los cuatrimestres otoño 2017, primavera 2018, otoño 2018 y primavera 2019. La tasa de participación del alumnado ha sido, respectivamente, de 13%, 22,22%, 31,25% y 24% del total de los estudiantes que finalizaron cada curso.

Tabla 5. Resultados de las encuestas a las preguntas #1/#2

Cliente	año académico	cuatrimestre	Participación (%)	Respuesta #1/ #2 (Extremadamente bien, muy bien y bien) (%)
FACTUM FOUNDATION	2016/17	2c	-	-
FACTUM FOUNDATION	2016/17	1c	13	66,67
FENG CHIA UNIVERSITY	2017/18	2c	22,22	83,33
D.G DE PATRIMONIO. AYTO. MADRID	2017/18	1c	31,25	80,00
D.G DE PATRIMONIO. AYTO. MADRID	2018/19	2c	24	100,00

Fuente: Elaboración propia (2019)

El nivel de satisfacción de los estudiantes medido a través de la pregunta #1 ¿Qué te parece el curso en general? y 2# ¿cuál es tu valoración general de la asignatura? en las diferentes encuestas se ha ido incrementado a lo largo de los cuatrimestres impartidos con esta *versión beta*. Las respuestas correspondientes a las preguntas con una escala de valoración del tipo “extremadamente bien”, “muy bien” y “bien” han ido creciendo del 66,67% de la primera encuesta (otoño 2017) hasta el 100,00% de la última (primavera 2019), en total.

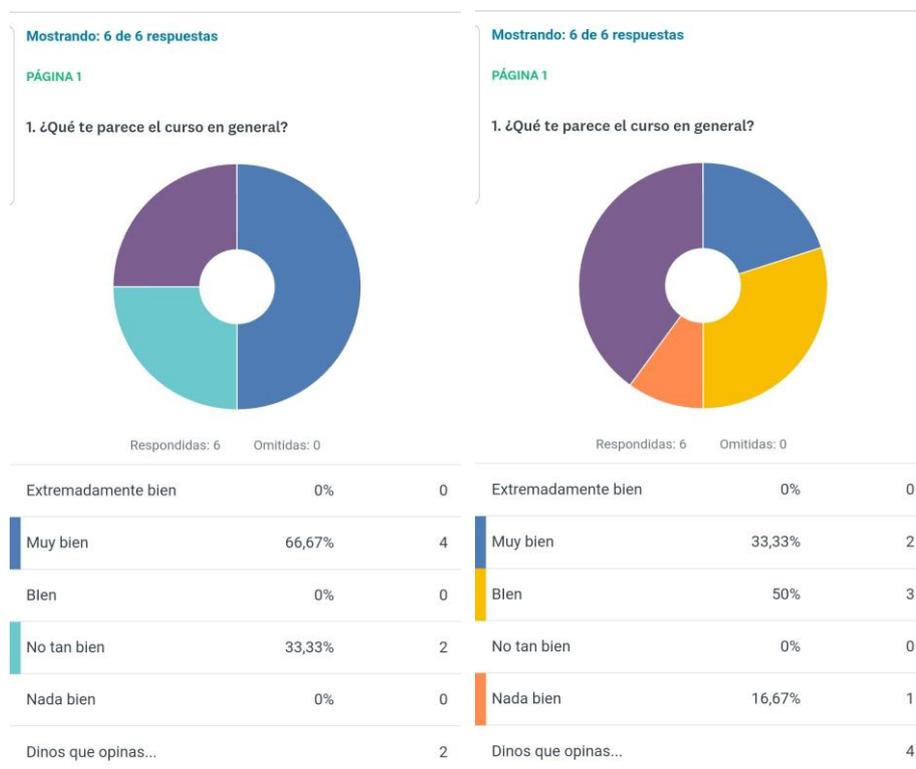


Fig. 6 Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué te parece el curso en general? correspondientes al curso otoño 2017 (izquierda) y primavera 2018 (derecha). Fuente: elaboración propia a través de SurveyMonkey.

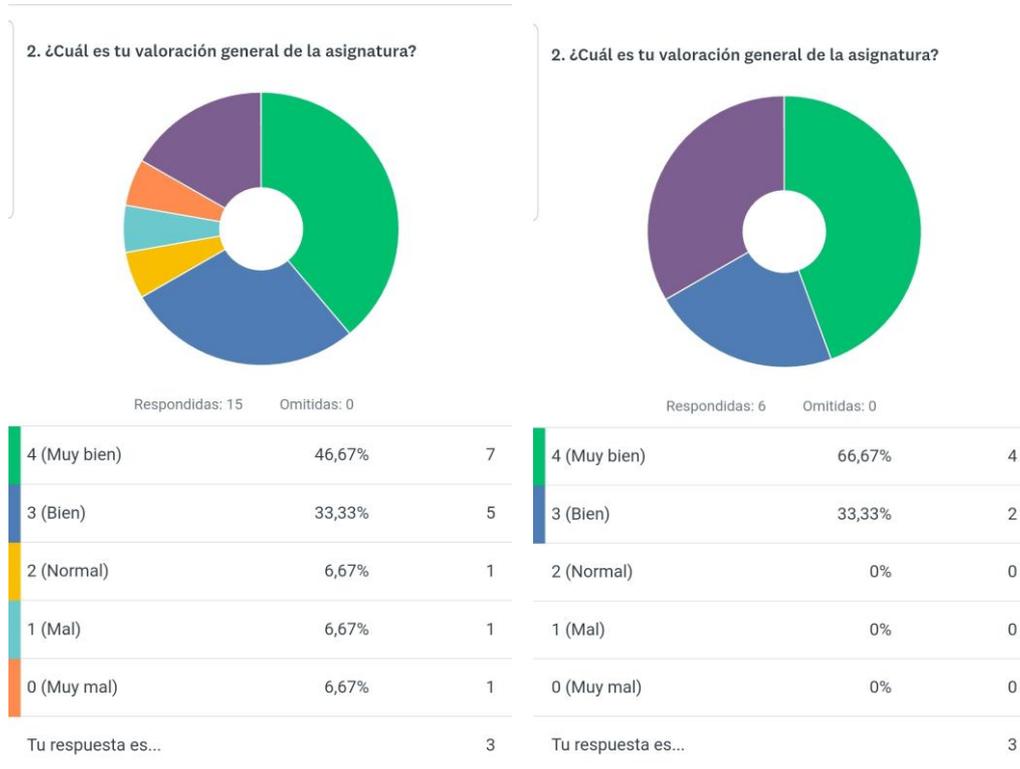


Fig. 7 Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cuál es tu valoración general de la asignatura? correspondientes al curso otoño 2018 (izquierda) y primavera 2019 (derecha). Fuente: elaboración propia a través de SurveyMonkey.

En las preguntas de la encuesta centradas en los aspectos cualitativos del curso en los que los estudiantes podían reflejar su opinión de la *versión beta* con respecto a cuestiones relativas a la inclusión del prototipado en el curso, como la preguntas #5 “¿qué parte del curso crees que es necesario explicar más?” y la pregunta #7 “¿qué implementarías en la asignatura? las respuestas de los estudiantes indican su creciente interés por la inclusión de esta herramienta metodológica en la enseñanza de proyectos arquitectónicos. Así podemos recoger varias de las respuestas a la pregunta #7: “Más tiempo para el prototipo” (estudiante de otoño de 2017), “El prototipo es el mejor objeto de toda la carrera” (estudiante de otoño 2018), “Ayuda/medios/más tiempo con el prototipo” (estudiante de primavera 2019), “Más profundidad en el prototipo” (estudiante de primavera 2019). También se recoge en las respuestas a la pregunta #5 que existe un interés y una demanda de más textos críticos, clases teóricas y referencias durante el curso para la comprensión del concepto prototipo y su implementación desde el inicio del curso: siendo éstas algunas de las respuestas: “Explicar más claramente la finalidad del prototipo en el proceso de diseño y su diferencia de una maqueta, además de introducirlo antes en el calendario haría que tuviera más peso en el desarrollo del proyecto” (estudiante de otoño de 2017), “Objeto y prototipo” (estudiante de primavera de 2018), “También incluiría alguna referencia a prototipos un poco antes, creo que en general nos ha faltado una semana a todos para el desarrollo de este” (estudiante de otoño de 2018).

Este es parte del desarrollo y testeo de este marco metodológico que pretende implementar el trabajo con prototipos desde el inicio del proceso de proyecto. Esperamos que la versión final a la que, por suerte, llegaremos, sea tan apasionante como el desarrollo de esta *versión beta*.

Bibliografía

- BISQUERRA, R. (2009). "Métodos de investigación de enfoque experimental" en Bisquerra, R. *Metodología de la Investigación Educativa*. Madrid: Editorial La Muralla, p.183-188.
- BRU, S. y THERIOT, A. (2018). "Framing the disorder", en 2G, no. 76, p. 154,155.
- BURRY, J. y BURRY, M. (2016). *Prototyping for Architects*. London: Thames & Hudson Ltd.
- DE LA COVA, M.A. (2016). "Vida de las maquetas: Entre la representación y la simulación" en *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, no. 15, noviembre (año VII), p. 12-15.
- ECHENIQUE, M. (1970). "Models: A Discussion." *Architectural Research and Teaching* 1, no. 1, p. 25-30. <http://www.jstor.org/stable/24654880>
- MONK, J. y GULLSTRÖM-HUGHES, R. (1998). *The Book of Models*. Milton Keynes: Systems' Architecture Group, Faculty of Technology, Open University.
- SORIANO, F. (2019). "El Modelo" en *Fisuras de la cultura contemporánea*. Nº 20. Madrid, p. 4-20.
- SORIANO, F. [et al.] (2018). "Investigación sobre El Modelo". García, D., Bardí, B. (eds.) En: *VI Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura (JIDA'18) (Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza, 22 y 23 de noviembre de 2018)*. Barcelona: UPC IDP; GILDA; Zaragoza: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza. ISBN: 978-84-9880-722-6 (UPC), p. 624-636.
- STARKEY, B. (2007). "Post-secular architecture. Material, intellectual, spiritual models" en Frascari, M., Hale J., and Starkey B. *From Models to Drawings: Imagination and Representation in Architecture*. London: Routledge, p. 231-241.