

JIDA'24

XII JORNADAS
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN ARQUITECTURA

WORKSHOP ON EDUCATIONAL INNOVATION
IN ARCHITECTURE JIDA'24

JORNADES SOBRE INNOVACIÓ
DOCENT EN ARQUITECTURA JIDA'24

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



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

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

Editores

Berta Bardí-Milà, Daniel García-Escudero

Edita

Iniciativa Digital Politècnica Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC

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

eISSN 2462-571X

© de los textos y las imágenes: los autores

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



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

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

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

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

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

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

Comité Organizador JIDA'24

Dirección y edición

Berta Bardí-Milà (UPC)

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

Daniel García-Escudero (UPC)

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

Organización

Raquel Martínez Gutiérrez (URJC)

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

Joan Moreno Sanz (UPC)

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

Irene Ros Martín (URJC)

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

Raquel Sardá Sánchez (URJC)

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

Judit Taberna Torres (UPC)

Arquitecta, Departamento de Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Ignacio Vicente-Sandoval González (URJC)

Arquitecto, Construcciones Arquitectónicas, EIF-URJC

Coordinación

Alba Arboix Alió (UB)

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

Comité Científico JIDA'24

Francisco Javier Abarca Álvarez

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

Luisa Alarcón González

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Lara Alcaina Pozo

Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EAR-URV

Atxu Amann Alcocer

Dra. Arquitecta, Ideación Gráfica Arquitectónica, ETSAM-UPM

Serafina Amoroso

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, EIF-URJC

Irma Arribas Pérez

Dra. Arquitecta, ETSALS

Raimundo Bambó Naya

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

Enrique Manuel Blanco Lorenzo

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

Belén Butragueño

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

Francisco Javier Castellano-Pulido

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, eAM'-UMA

Raúl Castellanos Gómez

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Nuria Castilla Cabanes

Dra. Arquitecta, Construcciones arquitectónicas, ETSA-UPV

David Caralt

Arquitecto, Universidad San Sebastián, Chile

Eva Crespo

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

Rafael Córdoba Hernández

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

Rafael de Lacour Jiménez

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSAGr-UGR

Eduardo Delgado Orusco

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, EINA-UNIZAR

Débora Domingo Calabuig

Dra. Arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-UPV

Elena Escudero López

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

Antonio Estepa

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, USJ

Sagrario Fernández Raga

Dra. Arquitecta, Composición Arquitectónica, ETSAVA-Uva

Nieves Fernández Villalobos

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

Arturo Frediani Sarfati

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-URV

Jessica Fuentealba Quilodrán

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

David García-Asenjo Llana

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

Pedro García Martínez

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

Eva Gil Lopesino

Dra. arquitecta, Proyectos Arquitectónicos, IE University, Madrid

David Hernández Falagán

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

Ana Eugenia Jara Venegas

Arquitecta, Universidad San Sebastián, Chile

José M^a Jové Sandoval

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

Alfredo Llorente Álvarez

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

Carlos Marmolejo Duarte

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

María Pura Moreno Moreno

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

Isidro Navarro Delgado

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

David Navarro Moreno

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

Olatz Ocerin Ibáñez

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

Roger Paez

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

Andrea Parga Vázquez

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

Oriol Pons Valladares

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

Janina Puig Costa

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

Amadeo Ramos Carranza

Dr. Arquitecto, Proyectos Arquitectónicos, ETSA-US

Ernest Redondo

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

Gonzalo Ríos-Vizcarra

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

Emilia Román López

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

Borja Ruiz-Apiláñez

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

Patricia Sabín Díaz

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

Marta Serra Permanyer

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

Josep Maria Solé Gras

Arquitecto, Urbanismo y Ordenación del Territorio, EAR-URV

Koldo Telleria Andueza

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

Ramon Torres Herrera

Dr. Físico, Departamento de Física, ETSAB-UPC

Natalia Uribe Lemarie

Dra. Arquitecta, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

Francesc Valls Dalmau

Dr. Arquitecto, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

José Vela Castillo

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

Ferran Ventura Blanch

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

Isabel Zaragoza

Dra. Arquitecta, Representación Arquitectónica, ETSAB-UPC

ÍNDICE

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

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

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

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

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

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

Del paradigma mecánico al digital: diseño de prototipos desplegados

From analog to digital paradigm: design of deployable prototypes

Peña Fernández -Serrano, Martino

Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada (EIA), Universidad Rey Juan Carlos, España. martin.pena@urjc.es

Abstract

The transition from the so-called mechanical paradigm to the digital paradigm is analysed by means of international workshops. During one week, prototypes are designed by students who have been taught a series of methodologies beforehand. The paper analyses the processes, using analogue and digital media, according to the formats of the different workshops presented, to determine that the digital paradigm allows the production of unique prototypes as opposed to the mechanical paradigm that produces mass-produced products. To this end, it is necessary to define parameters that help to relate and compare the artefacts generated with different systems and to establish symmetries between them.

Keywords: analogue, digital, prototypes, hypercubic glass, Emilio Pérez Piñero.

Thematic areas: architectural design project, service-learning, design/build.

Resumen

A partir de la realización de seminarios con el formato conocido como Workshop, se analiza la transición del modelo denominado paradigma mecánico al paradigma digital. Se utiliza la experiencia acumulada en numerosos talleres internacionales para validar el nuevo paradigma digital. Durante una semana se diseñan prototipos concebidos por alumnos a los que se les ha enseñado una serie de metodologías con anterioridad. En el documento se analizan los procesos, utilizando medios analógicos y digitales, según los formatos de los diferentes workshops que se presentan, para determinar que el paradigma digital permite producir prototipos únicos a diferencia del paradigma mecánico que realiza productos en serie. Para ello es necesario definir parámetros que ayuden a relacionar y comparar los artefactos generados con diferentes sistemas y poder establecer simetrías entre ellos.

Palabras clave: analógico, digital, prototipos, vidriera hipercubica, Emilio Pérez Piñero.

Bloques temáticos: proyecto arquitectónico, aprendizaje-servicio, design/build.

Resumen datos académicos.

Titulación: Fundamentos de Arquitectura

Nivel/curso dentro de la titulación: 3, 4, 5 y Master

Denominación oficial asignatura, experiencia docente, acción:

Bewegliche Tragwerke/ Deployable Structures and Digital Fabrication

Departamento/s o área/s de conocimiento: Proyectos Arquitectónicos,
Construcción

Número profesorado: 1 a 4 profesores

Número estudiantes: 3 a 30 estudiantes

Número de cursos impartidos:

TU Berlín: 4 Talleres. Digital

Universität Siegen: 15 Talleres: 9 Analógicos-6 Digitales

Feng Chai University: 1 Taller. Digital

Riga Technical University: 1 Taller. Analógico

SCET Surat, India: 1 Taller. Analógico

Página web o red social: si

Publicaciones derivadas: si

Introducción

Las actuales herramientas informáticas nos permiten una representación más ajustada de la realidad y las herramientas de fabricación digital nos posibilitan al mismo tiempo controlar el diseño y la producción. El proceso de materialización tiene una gran influencia en el resultado. La arquitectura no debe eludir la tensión creada entre las intenciones formales y las posibilidades de fabricación. El paradigma de la estandarización, que ocupa la mayoría del siglo XX, deja paso al paradigma digital que comienza a aparecer en las escuelas de arquitectura y los Fablab o Laboratorios Digitales. El nuevo paradigma digital permite producir prototipos únicos a diferencia del paradigma mecánico que realizaba productos en serie.

“Antes del inicio de la École des Beaux-Art in Paris in 1671, la comunicación entre el profesor y el aprendiz se realizaba a través de la experiencia directa en la obra y las enseñanzas teóricas tenían una relación directa con la realidad. Después de la institucionalización de los estudios de arquitectura la relación directa entre teoría y práctica queda invertida. Esto es debido a la Revolución Industrial que requiere una gran cantidad de personal cualificado” (Borrego, 2017).

En el nacimiento del Movimiento Moderno se plantea la necesidad de la estandarización del prototipo siguiendo la metáfora de la máquina. La Deutsche Werkbund, a la que pertenecen gran parte de los autores alemanes de dicho periodo, intenta racionalizar el proceso constructivo a través de la industrialización principalmente a través de aquellos que estaban a favor del Typisierung (Frampton, 1987); que consistía en realizar esta industrialización a partir de la normalización de unos tipos. En la Bauhaus, inaugurada por Walter Gropius en 1919, encontramos una escuela donde las nuevas teorías de estandarización empiezan a ser parte de las materias docentes que los nuevos arquitectos aprenden. La Bauhaus se organizaba en talleres, en estos se contaba con un maestro de taller y un maestro de forma, que impartían las enseñanzas prácticas y teóricas. La concepción de los talleres va cambiando según las ubicaciones, recordemos que la Bauhaus se traslada de Weimar a Dessau, y finalmente a Berlín antes de su desaparición. Según Gropius “los talleres de la Bauhaus son, básicamente, laboratorios en los que debe desarrollarse y mejorarse con cuidado el modelo, de los instrumentos típicos de nuestra era, de manera que sean aptos para la reproducción industrial. Queremos formar una nueva clase de trabajadores que, al dominar técnica y forma en igual medida, estén preparados tanto para el trabajo industrial como para el artesanal” (Gropius en Friedler y Freierabend, 1999).

El término taller, que proviene del francés atelier, denomina el lugar donde se trabaja una obra de manos, según la RAE. Tiene su origen en el taller gremial, que formaba parte de la estructura social y económica europea de la Edad Media. El gremio era una corporación formada por maestros, oficiales y aprendices de un mismo oficio, regidas por unos estatutos. En estos talleres gremiales se transmitía el conocimiento teórico de forma práctica de maestros a aprendices, es decir, mediante la realización de artefactos. Esta estructura de trabajo es la propuesta por Gropius para abordar el paradigma de la estandarización, donde los estudiantes son educados en la elaboración de un prototipo que sea susceptible de ser repetido mediante producción industrial para su venta a gran escala. Estos métodos se basaban en la posibilidad de realizar el máximo número de piezas iguales para poder repetirlos de la manera más efectiva y por tanto reducir tanto los costes como los tiempos de fabricación. La intención era fijar unos criterios de estandarización y racionalidad en los procesos para poder ofrecer un producto práctico y funcional. Durante el siglo XX dicho paradigma se instala en la producción arquitectónica, donde la prefabricación de sus elementos es habitual. Gropius diseñó junto a Konrad Wachsmann una serie de viviendas prefabricada en forma de prototipo seriado cuyo resultado patenta con el título

de “*Prefabricated Buildings*” en cuya memoria se puede leer; “El objeto principal de esta invención es realizar la estructura de un edificio que pueda ser exclusivamente o sustancialmente ensamblada con unidades estandarizadas, que fundamentalmente se duplican para que sea posible su completa fabricación en taller mediante maquinaria especializada” (Wachsmann, Gropius, 1944).

Desde que comienzan a introducirse los ordenadores en las oficinas a partir de 1992, los procesos digitales forman parte de la práctica arquitectónica habitual. Hoy en día ésta es inconcebible sin el uso de herramientas como Autocad, Maya o Rhino. El debate ya no se centra en si son malas o buenas, sino como están cambiando el proceso arquitectónico. Una de las consecuencias más directas es la posibilidad de trabajar con geometrías complejas y la posibilidad de parametrizar el diseño aplicando complejos algoritmos. Por otro lado, permite estrechar los límites entre los procesos de diseño y los de producción. Esto tiene la consecuencia que ya no hay que estandarizar los elementos para disminuir costes y permite la producción de prototipos únicos y de esta manera; “la crisis de los códigos tectónicos tradicionales que definen la jerarquía de las partes constructivas y su significado representa otro aspecto crucial de la escena arquitectónica contemporánea digital.” (Picon, 2007). Este aspecto individual del prototipo arquitectónico también lo describe Nicholas Negroponte en *Being Digital*, donde describe la condición individual de la condición digital. No es casualidad que Negroponte sea el creador del Media Lab del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) que promueve la red internacional denominada Fab-Lab Network. Esta red es pionera en lo que se denomina la “tercera revolución digital”. Los Fab-labs se proponen como laboratorios para la investigación y la innovación, tanto del desarrollo de las nuevas tecnologías emergentes como la explotación de sus aplicaciones. Sus investigaciones se centran en el desarrollo de software digital que acompañe a la fabricación digital utilizando los nuevos medios aparecidos últimamente como impresoras 3D y cortadoras láser que favorecen la realización de prototipos a escala 1/1. Las nuevas formas de fabricación digital informatizada permiten integrar en el proceso de diseño todos los aspectos del proceso constructivo en una combinación compleja entre la definición geométrica abstracta y la materialización concreta.



Fig. 1 Entrada general al recinto de la Bauhaus. Fuente: Stiftung Bauhaus Dessau (2019)

1. Metodologías docentes. Bases pedagógicas

En el presente texto se exploran experiencias basadas en la tradición del taller de arquitectura, pero enfocado a la realización de prototipos a escala 1:1, según el término *Design/Build*. Por otro lado, se valida la fabricación digital como una herramienta que permite controlar el diseño y la fabricación de dichos prototipos. La metodología utilizada en los talleres que se documentan, se encuentran claramente entre las denominadas Metodologías Activas (MA), y dentro de estas en las de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y más concretamente en la denominada (PDP) Proyecto de Desarrollo de Producto, en este caso, de un prototipo a escala 1:1. En los procesos pedagógicos, se relaciona con los modelos de enseñanza conocidos como *learning by doing*, encuadrados en el marco general del constructivismo pedagógico, que entiende el proceso de aprendizaje como algo dinámico, participativo e interactivo en una enseñanza orientada a la acción, principalmente con la interacción con el medio (Jean Piaget).

En estos procesos se entregan al estudiantado las herramientas necesarias para que sean capaces de resolver situaciones problemáticas y dar soluciones, en cuyos procesos las ideas pueden ir cambiando, siguiendo pautas de modelos de prueba-error de carácter empírico. El conocimiento adquirido se convierte en una construcción realizada por el aprendiz, donde tiene que involucrarse de una manera activa con la participación del docente, que se convierte en un guía en el proceso, más que en un transmisor de axiomas. Según Piaget esta construcción se produce mediante varios procesos, entre los que destacan *asimilación* y *acomodación*. En el primero, el individuo incorpora la nueva información haciéndola parte de su conocimiento, aunque esto no quiere decir necesariamente que la integre con la información que ya posee. En cuanto a la *acomodación*, se considera que mediante este proceso la persona transforma la información que ya tenía en función de la nueva. (Carretero, 24). El autor ejemplifica que el conocimiento se puede asimilar a la ingesta de un alimento, cuando se ingiere (*asimilación*) y posteriormente se procesa para incorporar los nutrientes al organismo (*acomodación*).

Por otro lado, nuestros estudios universitarios están basados en la tradición francesa desde el modelo *Beaux-Arts* al de *École polytechnique* donde se impartían estudios, inicialmente de tres años, basados en conocimientos teóricos racionales que se transmitían del docente al estudiantado, donde este último se convertía en sujeto pasivo. Se intentaba transmitir una serie de conocimientos teóricos universales, que ayudaran posteriormente a los futuros profesionales al desarrollo práctico de sus carreras. El método *Beaux-Arts*, era inminentemente teórico, proponía a los alumnos el estudio de los textos tratadísticos, el redibujado de obras paradigmáticas, previamente compendiadas, y el análisis de los elementos compositivos propios de éstas (García, 2019). Como varios autores ya han comentado, las dos metodologías no son excluyentes sino complementarias y de esta manera “la didáctica de la arquitectura se alimenta tanto de contenidos culturales como de tanteos empíricos, tanto de ‘conocer’ como de ‘saber hacer’. No se relega la invención ni el descubrimiento individual, pero se deben poner en relación a las invenciones y los descubrimientos más globales, a los conocimientos adquiridos a través de los que nos han precedido históricamente” (Bardí i Milà y García-Escudero, 2017).

De tal manera en los talleres que se realizan durante 5 días, se transmite inicialmente un conocimiento teórico universal por parte del docente al estudiantado, que de momento es un sujeto pasivo. Al inicio se explican los sistemas desplegables de Emilio Pérez Piñero y Félix Escrig, principalmente, acompañadas de otros ejemplos realizados por autores como Charles Hoberman y Richard B. Fuller. Este conocimiento teórico inicial ayuda al estudiantado a empezar a pensar y realizar sus prototipos. Durante día y medio los grupos, formados por 3 a 5 estudiantes, diseñan el prototipo desplegable y el resto del tiempo se dedica a la construcción

del artefacto a escala 1:1. Diferentes grupos comparten durante una semana el mismo lugar de trabajo, un espacio que dispone de mesas para el trabajo en grupo, espacio libre suficiente para la prueba y error de prototipos de prueba. Una vez iniciado la materialización del artefacto, se inicia un proceso de detección de problemas y toma de decisiones en maquetas a escala real. A su vez la experiencia compartida sirve de catalizador creativo de soluciones que sobrepasan los límites de los grupos para incidir todos sobre todos. De esta manera los modelos evolucionan y se mejoran en cada momento. El seminario se convierte en una versión actualizada del taller gremial medieval, de transmisión directa de conocimiento y el aprendizaje mediante la experiencia. De esta manera los modelos evolucionan y se mejoran en cada momento, mantenido la precisión tecnológica desde el primer modelo hasta el último. En este trabajo se comparan los procesos analógicos con los digitales, es decir algunos talleres se han realizado utilizando herramientas tradicionales (analógicas) y en otros cortadoras laser e impresoras 3D para la realización de los prototipos.

Los talleres que se documentan son los realizados en la Universität de Siegen, en la Riga Technical University de carácter analógico, y los realizados en la TU Berlin, la Feng Chia de Taiwan y en la Universität de Siegen de carácter digital.



Fig. 2 Maqueta de megaestructura con células habitables plegada y desplegada. Siegen 2016. Fuente: el autor

2. El paradigma analógico. El taller tradicional

En los seminarios analógicos realizados en la Universität Siegen en Alemania en los años 2015 y 2016 se utilizan herramientas tradicionales para la realización de las maquetas y prototipos. Sobre Megaestructuras basadas en las estructuras desplegadas se diseñan células que se acoplan a la geometría de éstas. Tanto las primeras como las segundas se construyen mediante métodos analógicos por grupos formados por tres y cuatro estudiantes. Los materiales elegidos son aquellos que son fácilmente adquiridos en establecimientos de materiales de construcción como tubos de PVC, barras de madera de sección circular, tubos de aluminio, para conformar los elementos lineales y a veces los nudos que se unen mediante tornillos y tuercas. Todos los elementos se diseñan siguiendo principalmente las patentes de Emilio Pérez Piñero, en particular la patente americana USA3185164 de 1965 `Three Dimensional Reticular Structure' para

módulos que utilizan barras de tres y cuatro barras que se cruzan en su centro geométrico y la de Félix Escrig Pallarés 8505073 A1 'Sistema Modular para la Construcción de Estructuras Espaciales Desplegables de Barras' para aquellos módulos que se realizan con el denominado sistema de tijera. Para la fabricación de las barras y nudos, es decir, su corte y perforación de agujeros se utilizan sierras y taladros. Las piezas se ensamblan con tornillos y tuercas y posteriormente se comprueba el correcto funcionamiento del sistema desplegable. En estos talleres la componente proyectual es importante ya que es necesario pensar los espacios habitables, que posteriormente se trasladan a los prototipos. Debido a su carácter experimental y proyectual el prototipo es una herramienta más en el proceso proyectual de los hábitats que forman parte de la megaestructura.

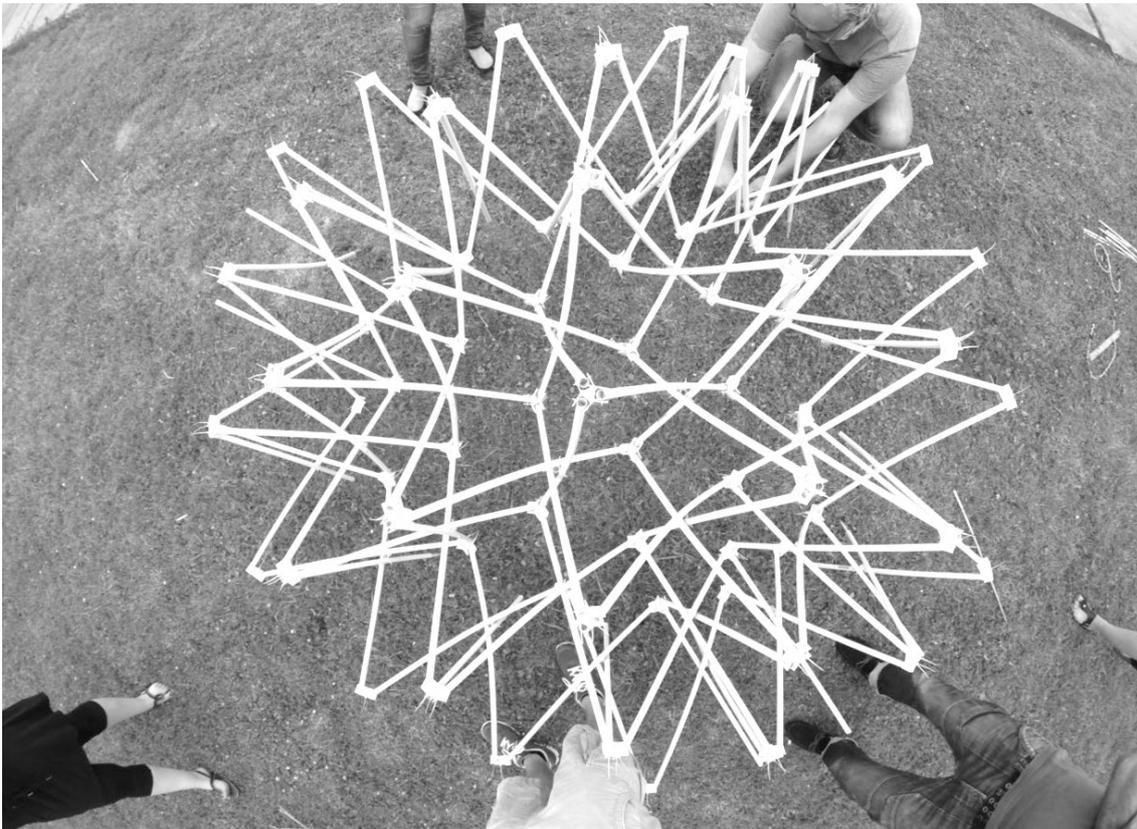


Fig. 3 Sistema desplegable con módulos de tres barras. Siegen 2017. Fuente: el autor

Sin embargo, en otros talleres con el mismo formato temporal y de la misma manera siguiendo el paradigma analógico se realizan prototipos de mayor envergadura y utilizando un mayor número de estudiantes para conseguir la construcción de un solo artefacto, con un enunciado común, trabajando de manera colaborativa todo el taller. En estos casos se ha planificado anteriormente la acción para en un corto periodo conseguir los objetivos. Aunque a priori pueda parecer que la componente proyectual está cerrada, quedan muchas cuestiones abiertas, para poder pasar del plano abstracto de las ideas, al tridimensional de los artefactos construidos. En el taller realizado con 21 estudiantes en Riga, con un programa Erasmus llamado BIP (Blended Intensive Programme), donde participaron cuatro universidades europeas y siendo la RTU (Riga Technical University) la universidad anfitriona se realizó durante 5 días un taller. El objetivo fue construir un espacio utilizando tres arcos desplegables formados por módulos prismáticos de

base triangular que en sus caras alojan pares de tijeras siguiendo la patente de Félix Escrig, anteriormente descrita. Los materiales utilizados fueron listones de madera de pino de sección rectangular para la formación del sistema de barras, tableros contrachapados o tubos de PVC para generar los nudos que articulan las barras y tornillos y tuercas para unir nudos y barras como se aprecia en las figuras. El estudiantado se divide en grupos que realizan tareas que se complementan entre sí, para finalmente unir todas las piezas y comprobar la plegabilidad del sistema. De esta manera mientras unos preparan, miden y cortan las barras, otros grupos fabrican los nudos a partir de tableros de madera contrachapada y otros se ocupan de construir los módulos que se ensamblan entre sí.

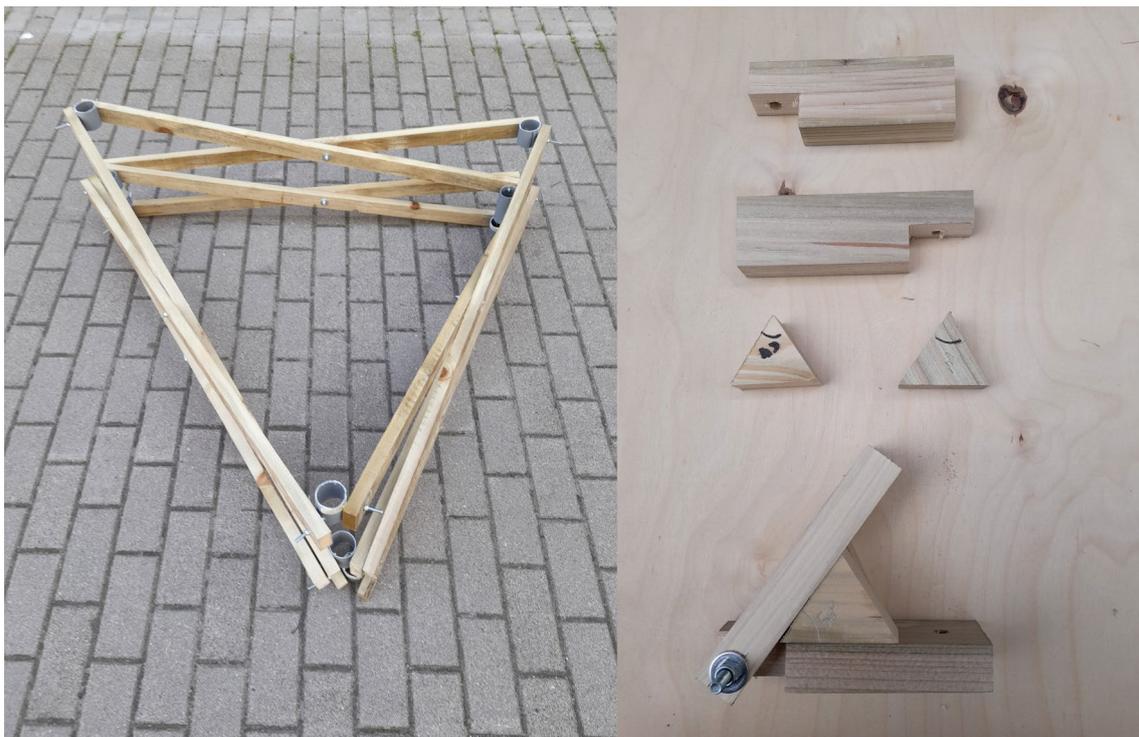


Fig. 4 Módulo Prismático Triangular. Nudo articulación. Riga 2023. Fuente: el autor

Aunque puedan parecer tareas repetitivas, durante este proceso el estudiantado está resolviendo todos los problemas que aparecen al pasar de la abstracción del enunciado propuesto a la realidad de la fabricación y construcción, a la vez se produce una comprensión profunda de los sistemas de estructuras que se están ensamblando, así como sus ventajas y desventajas y posibles aplicaciones futuras. Principalmente importante es el diseño de las uniones, que son las encargadas de realizar las articulaciones que permiten y compatibilizan todos los movimientos del sistema en todas sus fases.



Fig. 5 Colocación de los arcos en sitio y desplegado. Riga 2023. Fuente: el autor



Fig. 6 Casquete esférico realizado por módulos de tres barras. Surat (India) 2018. Fuente: el autor

Siguiendo el formato analógico se realizó el taller en Surat (India) mediante un intercambio de docentes patrocinado por el programa europeo Erasmus. El estudiantado de la universidad de la Savarjanik College of Engieneering and Technology recibe, al inicio del taller, unos conocimientos teóricos sobre los sistemas desplegados de Emilio Pérez Piñero. En este caso se diseña a priori un casquete esférico con módulos de tres barras, que al no cruzarse en su centro geométrico generan una curvatura al unirse unas con otras. Es el sistema que el arquitecto utilizó cuando gana el concurso para estudiantes convocado por la UIA en Londres en 1961 con

su propuesta denominada 'Teatro Ambulante' y que se describe en la patente mencionada anteriormente. Los 30 estudiantes se dividen en grupos que a su vez producen las mismas piezas de forma repetitiva para posteriormente y de forma colaborativa ensamblar unos módulos con otros. Se reproducen los esquemas tradicionales de estandarización industrial para generar piezas en serie, cuya mayor ventaja es la posibilidad de realizar un prototipo de grandes dimensiones en cortos intervalos temporales, sin embargo, la carga proyectual y el aprendizaje quedan mermados en dicho proceso.

Aquellas metodologías basadas en la prueba y el error, para posteriormente mejorar las carencias del sistema detectadas son difícilmente aplicables utilizando el paradigma analógico. Este se basa en la eficiencia de las piezas, para posteriormente una fabricación estandarizada y posterior ensamblaje de todas ellas, para en este caso conseguir en un periodo de tiempo la construcción del artefacto requerido. Aunque en el proceso se aprenden el sistema elegido, es un proceso que limita las posibilidades del aprendizaje.



Figura 7. Casquete esférico realizado por módulos de tres barras. Surat (India) 2018. Fuente: el autor

3. El paradigma digital

En el paradigma digital se utilizan herramientas digitales para la elaboración de los prototipos, desde la utilización de medios de dibujo CAD hasta cortadoras, fresadoras laser e impresoras 3D. Estas nuevas herramientas digitales implican una revolución en los métodos de enseñanza de los futuros arquitectos. El nuevo software nos permite una representación más precisa de la realidad y las herramientas de fabricación digital nos permiten controlar simultáneamente el diseño y la fabricación de los prototipos. A su vez la experiencia compartida sirve de catalizador creativo de soluciones que sobrepasan los límites de los grupos para incidir todos sobre todos. De esta manera los modelos evolucionan y se mejoran en cada momento, manteniendo la precisión tecnológica desde el primer modelo hasta el último. Las herramientas digitales han sustituido a las herramientas específicas del artesano, y los modelos evolucionan con la precisión del sistema de producción. Finalmente se obtienen Prototipos Únicos en cada uno de los grupos, que podrían ser evaluados por diferentes indicadores que en su conjunto nos ayudan a cuantificar la idea de eficiencia de cada prototipo.

Los procesos digitales favorecen que el número de iteraciones pruebas-error sea mayor, y por tanto el proceso de *learning by doing* sea más rápido y dinámico, de tal manera la cantidad de ensayos es mayor en el este proceso. Esto sirvió de estímulo tanto para los alumnos, pero especialmente para los profesores, que veían cómo se conseguían elaborar nuevas soluciones de barras y nudos que no constaban en las patentes que se habían tomado como base para iniciar el curso, y que por tanto suponían una cierta innovación respecto a ellas. Las propuestas se dibujan en CAD y se trasladan a las cortadoras laser e impresoras 3D, que en cuestión de horas devolvían un modelo tridimensional que se podía testar y sobre el que se podía reaccionar y por tanto mejorar, lo cual enriquece el resultado final de los prototipos.

Experiencias digitales son la del taller realizado en TU Berlin, que con el nombre *Fold, Fly; Inflate. Light Structures and Digital Fabrication*. que es celebrado en Berlín durante 5 días en el año 2019. En este caso el alumnado de tres universidades comparte seminario con el formato comentado anteriormente. La universidad alemana TU Berlin, la Feng Chia de Taiwan y la española ETSAE, conjuntamente diseñan y construyen prototipos con la premisa que los artefactos deben tener dos de los tres parámetros del título del enunciado: es decir deben ser plegables y volar, volar y ser configurados con estructuras neumáticas o ser inflados y tener capacidad de ser plegados y desplegados. Al inicio se imparten clases teóricos y posteriormente se inician la concepción de los prototipos en grupos.

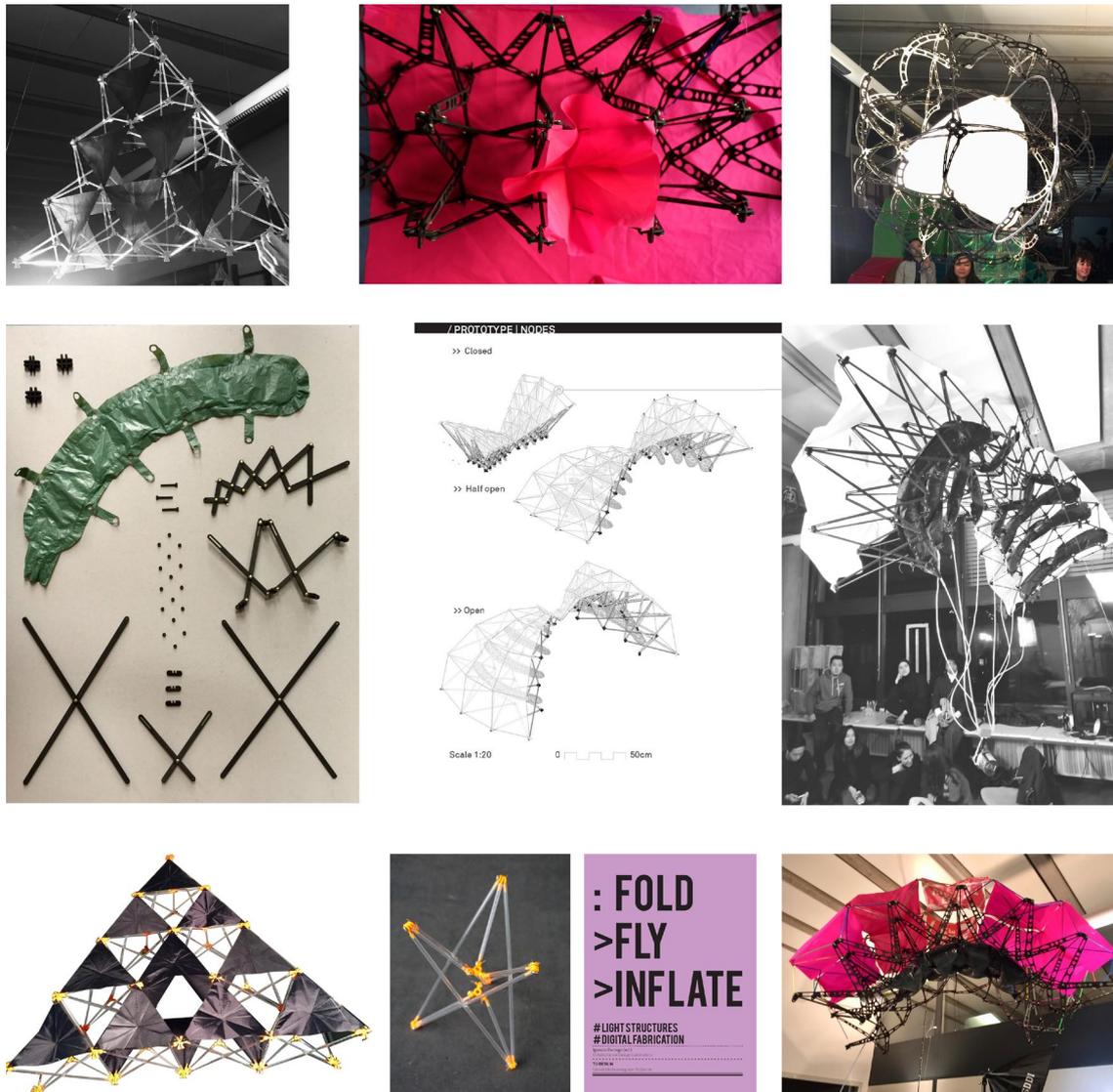


Fig. 8 Diferentes artefactos generados en la TU Berlin. 2019.
Fuente: el autor y Fold, Fly; Inflate. Light Structures and Digital Fabrication

Las herramientas digitales y en particular las impresoras 3D nos permiten optimizar y modelar cada pieza de forma individual. Buscando la máxima rigidez, máxima resistencia, máxima durabilidad, máxima estabilidad, máxima capacidad de fatiga, máxima versatilidad de uso y un número máximo de aplicaciones, un parámetro mínimo debe ser alcanzado, el cual determina la optimización: la mínima cantidad de material (Borrego, 2019)

En los seminarios realizados juntamente con la TU Berlín todos los elementos son fabricados mediante herramientas digitales, principalmente la cortadora laser para la realización de las barras y las impresoras 3D para las uniones y articulaciones. Este hecho repercute en la tipología de los sistemas desplegados, ya que se tiende a la fabricación de elementos bidimensionales, que son los que puede realizar una cortadora laser, y por tanto a la elección de los módulos que alojan sistemas de tijeras en sus caras, siguiendo la patente de Félix Escrig o Charles Hobermann.

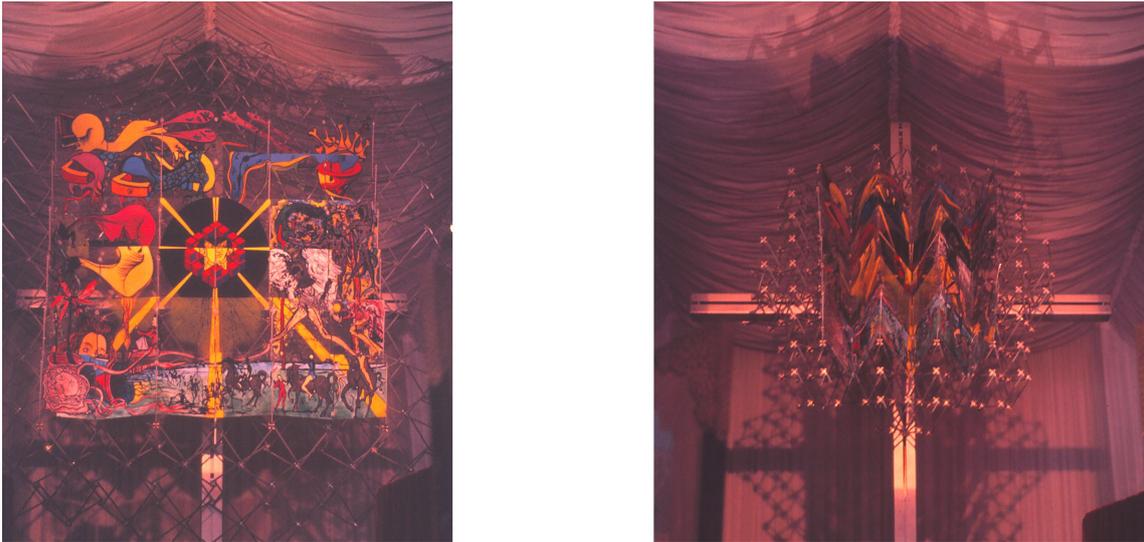


Fig. 9 Prototipo de Vidriera Hipercúbica a escala 1:3 exhibido en el Museo Teatro Salvador Dalí. Emilio Pérez Piñero, 1971. Fuente: el autor

En los talleres realizados en la Universität Siegen se estuvo trabajando durante los años 2020 a 2022 en la realización y optimización de un solo prototipo, la interpretación de la Vidriera Hipercúbica Desplegable, que fue imaginada por Dalí y proyectada por Pérez Piñero para cerrar la embocadura del Teatro Museo Dalí, donde el arquitecto estaba construyendo una cúpula geodésica para cubrir dicho espacio. El proyecto se inicia trabajando con el estudiantado y posteriormente se transforma en un proyecto de investigación realizado entre investigadores españoles y alemanes, cuyo prototipo final se presenta en la Feria Internacional Glasstec de la industria del vidrio y cristal que se celebra en Dusseldorf en septiembre de 2022 (Peña y otros, 2023).

El proceso se inicia explicando y transmitiendo el conocimiento recogido en las patentes de Pérez Piñero donde se protege el artefacto diseñado por el arquitecto. Se trata de la patente española '*Sistemas de planos articulados cubriendo una estructura reticular estérea desplegable*' de 1976 y la versión americana traducida al inglés; '*System of Articulated Planes*'. Utilizando estos documentos se logra reinterpretar parte de sus componentes, principalmente los nudos que se realizan mediante impresión 3D. Básicamente el sistema está formado por tres partes:

1-La estructura plegable principal compuesta de una estructura tridimensional reticular desplegable, con módulos en haces de cuatro barras conectadas entre sí por un nudo central que permite el movimiento. Cada barra consta de tres conexiones que garantizan los movimientos de plegado y desplegado. Gracias a un sistema de barras telescópicas se garantiza la posición final de plegado.

2-Un sistema pantográfico que realiza la unión entre el plano de vidrio y la estructura principal.

3-Un plano de vidrio compuesto por unidades superficiales que se pliega y despliega juntamente con las otras dos partes anteriormente descritas.

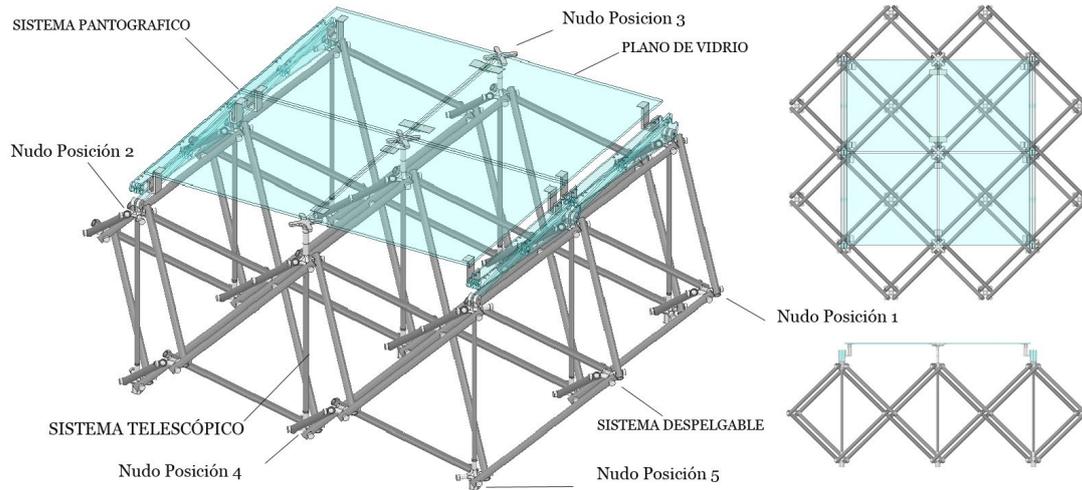


Fig. 10 Axonometría, planta y alzado del Prototipo HG. Fuente: autores 2022

El análisis de la estructura se comprueba en tres estadios mediante análisis estático y los resultados son analizados y evaluados en un proceso continuo. Las barras se realizan con aluminio estructural que son conformadas siguiendo métodos analógicos de corte. Para el diseño y cálculo estructural de los nudos se utilizan los procesos de *Form Finding* que intentan adecuar la forma a la manera en que se transmiten las cargas, optimizando por tanto el material utilizado. El objetivo de la modelización es aportar más material a las zonas más tensionadas y crear transiciones suaves para evitar acumulación de éstas, utilizando para ello formas orgánicas. Las piezas del sistema pantográfico son fabricadas con la cortadora laser y en aluminio como material resistente que aporta menor peso al sistema, las piezas de unión son fabricadas con la impresora 3D.

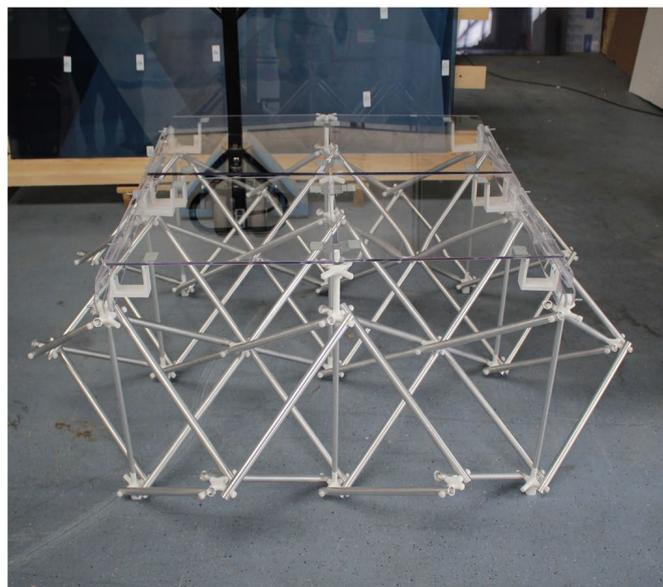


Fig. 11 Montaje de cuatro módulos del prototipo de la Vidriera Hiperbólica. Fuente: autores 2022

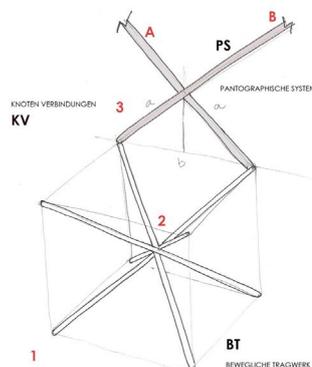
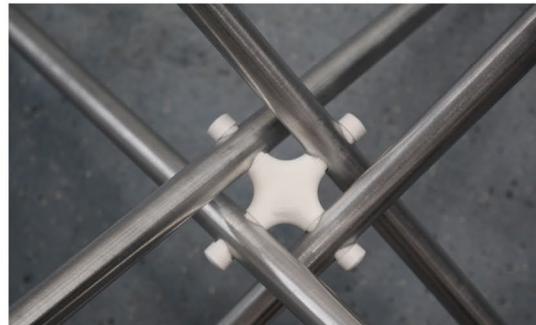
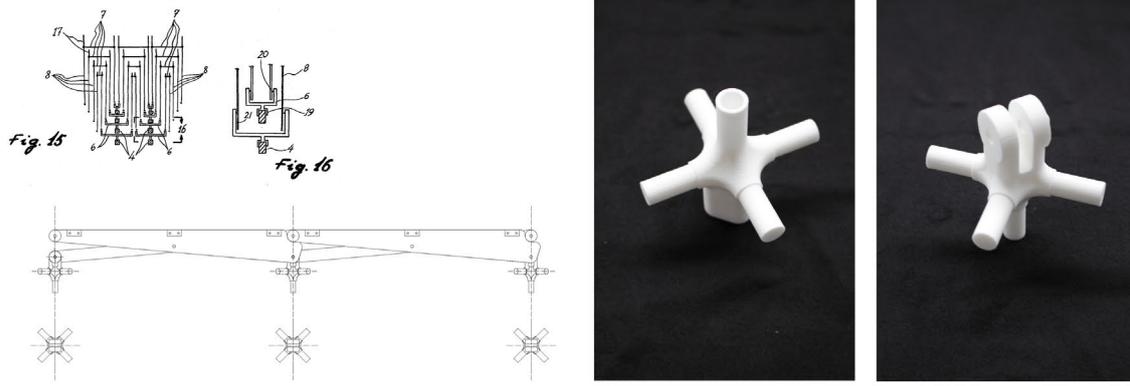


Fig. 12 Montaje de cuatro módulos del prototipo de la Vidriera Hiperbólica. Fuente: autores 2022

De esta manera se presenta finalmente el prototipo de Vidriera Hiperbólica Desplegable en Dusseldorf en septiembre de 2022 donde se activa su plegado y desplegado 3 veces al día. La reinterpretación y fabricación del artefacto se ha adaptado al paradigma digital y a los nuevos procesos de fabricación y producción digital. Después de un proceso de colaboración e investigación conjunta entre docentes y estudiantado se actualiza el artefacto según el conocimiento transmitido por Pérez Piñero recogido en sus textos, patentes y prototipos construidos, pero reinterpretando parte de sus componentes que se realizan con impresora 3D y cortadora láser, validando por tanto el nuevo paradigma utilizado en todo el proceso.



Fig. 13 Montaje de cuatro módulos del prototipo de la Vidriera Hiper-cúbica. Fuente: autores 2022



Bibliografía

Bardí i Milà, Berta y Daniel García-Escudero. 2017. «Dos modelos pedagógicos: conocer versus saber hacer» en *JIDA 4. Textos de arquitectura docencia e innovación*, Berta Bardí i Milà, Daniel García-Escudero, coord. Barcelona: Iniciativa Digital Politécnica de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC, 16-35.

Borrego Gómez-Pallete, Ignacio. 2017. *Fold Unfold. Deployable Structures and Digital Fabrication*. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.

Borrego, Ignacio, Martino Peña Fernández Serrano, Pedro García Martínez, Antonio Cerezuela Motos, y others. 2020. *Fold, Fly, Inflate: light structures and digital fabrication*. CoLab. Universitätsverlag der TU Berlin. Berlin.

Carretero, Mario. 1997. *¿Qué es constructivismo? Desarrollo cognitivo y educación*. 1º Encuentro Internacional de educación. EDU. Cuenca. Ecuador.

Fiedler, Jeannine y Peter Feierabend. 1999. *Bauhaus*. Colonia. Editorial Konemann.

Frampton, Kenneth. 1987. *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Picon, Antoine. 2010. *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*. Basel: Birkhäuser.

Wachsmann, Konrad y Walter Gropius. 1944. *Prefabricated Building*. Patent nº 2.355.192 USA (1944): United States patent Office.

Peña Fernández Serrano, Martino, Katja Wirfler, Sebastián Andrés López, Henrik Reißaus, y Thorsten Weimar. 2023. «La Vidriera Hiper-cúbica imaginada por Salvador Dalí y diseñada por Emilio Pérez Piñero. El prototipo digital». *Informes de la Construcción* 75. CSIC. Madrid.