

ABORDANDO LA SUSTENTABILIDAD. LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO COMO HERRAMIENTA PROYECTUAL DOCENTE

ADDRESSING SUSTAINABILITY. CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE AS A TEACHING DESIGN TOOL

María López de Asiaín-Alberich

Doctora en Arquitectura, Profesora Asociada, Grupo de Investigación Transhumancias: Arquitectura, Tecnología, Ciencia y Arte, HUM 965, Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Sevilla, España
<https://orcid.org/0000-0001-9422-394X>
mlasiain@us.es

Miguel Hernández-Valencia

Doctor en Arquitectura, Profesor Contratado Doctor, Grupo de Investigación Transhumancias: Arquitectura, Tecnología, Ciencia y Arte, HUM 965, Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Sevilla, España
<https://orcid.org/0000-0002-3382-1097>
mhvalencia@us.es

Jorge Roa-Fernández

Doctor en Arquitectura, Profesor Contratado Doctor, Grupo de Investigación Sath Sostenibilidad en Arquitectura, Tecnología y Patrimonio: Materialidad y Sistemas Constructivos, TEP206, Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Sevilla, España
<https://orcid.org/0000-0003-1254-3443>
jroa@us.es

Rafael Herrera-Limones

Doctor en Arquitectura, Profesor Contratado Doctor, Grupo de Investigación Transhumancias: Arquitectura, Tecnología, Ciencia y Arte, HUM 965, Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Sevilla, España
<https://orcid.org/0000-0001-9948-2019>
herrera@us.es

RESUMEN

Utilizar la construcción física de un prototipo como herramienta educativa no es una propuesta nueva, aunque puede ser innovadora en el contexto actual de renovación conceptual vinculado al desarrollo sustentable. En la Escuela de Arquitectura de Sevilla existe una gran tradición investigadora en materia de sustentabilidad, pero poco extrapolada a la enseñanza. También es necesaria una mejora significativa de la educación desde el ámbito metodológico. En este sentido, los concursos proporcionan una oportunidad que define una situación potencialmente afortunada para la innovación educativa. Partiendo de esta base, la presente investigación tiene como objetivo comprobar cómo la construcción de un prototipo a escala real, como estrategia metodológica educativa activa, de la mano de una metodología de diseño bioclimático consolidada en dicha escuela de arquitectura, permite lograr grandes resultados tanto en términos educativos como bioclimáticos. La metodología educativa empleada aún las siguientes directrices: el taller como ámbito integrador para el aprendizaje arquitectónico; la construcción de un prototipo como situación educativa que trasciende lo arquitectónico; la conceptualización de los nuevos retos marcados por la sustentabilidad y su aplicación práctica y efectiva al proyecto, diseño y construcción arquitectónicos. Todas herramientas puestas en valor dan respuesta efectiva a las carencias actualmente detectadas e interiorizadas del aprendizaje-enseñanza y, por tanto, del quehacer arquitectónico.

Palabras clave

prototipos, aprendizaje activo, diseño arquitectónico, concurso.

ABSTRACT

Using the physical construction of a prototype as an educational tool is not new, although it can be innovative in the current context of conceptual renewal linked to sustainable development. At the School of Architecture of Seville, there is a great research tradition on sustainability, but little is extrapolated into teaching. There is also a need for a significant improvement in education from the methodological point of view. In this sense, competitions provide an opportunity that defines a potentially rewarding situation for educational innovation. From this starting point, this research aims at verifying how the construction of a full-scale prototype, as an active educational methodological strategy and following a bioclimatic design methodology consolidated in said School of Architecture, allows achieving great results both in educational and bioclimatic terms. The educational methodology brings together the following guidelines: the workshop as an integrating environment for architectural learning; the construction of a prototype as an educational situation that transcends the architectural; the conceptualization of new challenges marked by sustainability and their practical and effective application to the architectural project, design, and architectural construction. All the tools are valuable and effectively respond to shortcomings detected and internalized in teaching-learning, and, consequently, architectural activities.

Keywords

prototypes, active learning, architectural design, competition

INTRODUCCIÓN

DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y SUSTENTABILIDAD

La tradición educativa de la arquitectura desde la modernidad ha venido acompañada de múltiples herramientas de diseño proyectual. La mayoría no son nuevas, aunque sí son reinterpretaciones o reinventaciones de experimentos pasados, que intentan poner en valor, de nuevo, enfoques que permiten dar respuesta a los actuales retos y necesidades de la docencia arquitectónica. El comienzo de siglo ha hecho patente la crisis en la que se encuentra el planteamiento y la profesión arquitectónica. Como profesionales, no estamos respondiendo adecuadamente a los nuevos retos, no damos a la sociedad el servicio que necesita, y la educación y enseñanza arquitectónica debe responder a esta realidad con esfuerzo, cambio, reinventión, rigurosidad y, sobre todo, mucha ilusión.

Los requerimientos actualmente necesarios de abordar y afrontar son de dos tipos: conceptuales y metodológicos. En efecto, es fundamental, por un lado, una revisión conceptual del enfoque arquitectónico (M. López de Asiaín, 2010), que implica la reflexión sobre las actuales necesidades de la sociedad vinculadas al concepto de desarrollo sustentable (ONU, 2015). Por otro lado, es también esencial revisar y reincorporar metodologías docentes adaptadas a los nuevos perfiles educativos y a la conceptualización de los nuevos enfoques (Granero y García Alvarado, 2014).

Disponemos de multitud de herramientas diseñadas y experimentadas durante el pasado siglo, sin embargo, resulta necesario, y en ello reside la innovación del proceso, la reinterpretación y la adaptación actualizadas. El propio proceso de diseño y construcción arquitectónico (Fernández Saiz, 2016) puede ser entendido como uno de investigación en sí mismo, cuyos resultados y valoraciones nos permiten avanzar a través del ensayo, entendiendo la arquitectura como una ciencia experimental a pesar de los múltiples enfoques metodológicos potencialmente abordables (M. López de Asiaín, Echave y Fentanes, 2005). Existen numerosas experiencias de innovación docente realizadas durante la última década en la Escuela de Arquitectura de Sevilla (ETSAS) (Ramos Carranza, 2018). Todas ellas, implican un esfuerzo paulatino y continuado de mejora de las metodologías y herramientas docentes con las que se aborda la enseñanza desde la conciencia de la necesidad de revisión de la estrategia educativa que motiva y genera la transmisión de conocimiento.

La sustentabilidad en arquitectura, la adecuación bioclimática o la eficiencia energética constituyen temáticas y conceptos ineludibles en este abordaje. Sin embargo, el acercamiento a los mismos desde diferentes asignaturas y saberes arquitectónicos, catalogados ordenadamente y, en ocasiones, escasamente



Figura 1. Portada publicación Educate Prize. Fuente: Proyecto Europeo Educate (EDUCATE Project Partners, 2012a).

relacionados en el ámbito académico, aunque absolutamente interconectados en la realidad, resulta metodológicamente diverso y enriquecedor, por lo que es cardinal la integración de ellos en el ámbito del proyecto arquitectónico (Alba Dorado, 2019). En este sentido, ciertas estrategias de investigación han fomentado la colaboración y el debate entre áreas de conocimiento, asignaturas y enfoques, generando un clima de necesidad de cambio y mejora que numerosos docentes han aprovechado realizando interesantes aportaciones (Herrera-Limones, 2013; Martínez Osorio, 2013). Como referencia de interés, durante la fase experimental del proyecto Europeo Educate (Altomonte, 2009), se realizaron talleres en los que participaron numerosos profesores de la ETSAS (Blandón González, 2018; Blandón González y Vallés Sisamón, 2019; Galán Marín, 2018; García Sáez, 2018; Pedreño Rojas, 2018; Rivera Gómez, 2018; Roa Fernández, 2018). Allí, se trabajaron los proyectos docentes de diferentes asignaturas para incorporar competencias medioambientales específicas, a fin de asegurar que los alumnos adquirieran las capacidades necesarias para trabajar desde un enfoque basado en el desarrollo sustentable. De igual forma, y desde el mismo proyecto europeo de investigación, se efectuó una experiencia vinculada a un concurso europeo de arquitectura para estudiantes.

El Educate Prize (M. López de Asiaín y Escobar, 2013) (Figuras 1 y 2) proponía como reto, una intervención y propuesta arquitectónica de hábitat más sustentable, diseñada en la localización elegida previamente y definida por los estudiantes. Éstos debían ser tutorizados por aquellos profesores que hubieran incluido en su proyecto docente las competencias medioambientales, y utilizarían como herramienta docente potencial el portal Educate (Cangelli et al., 2012). Dicho portal incluía información y contenido específico en la materia, desde explicaciones

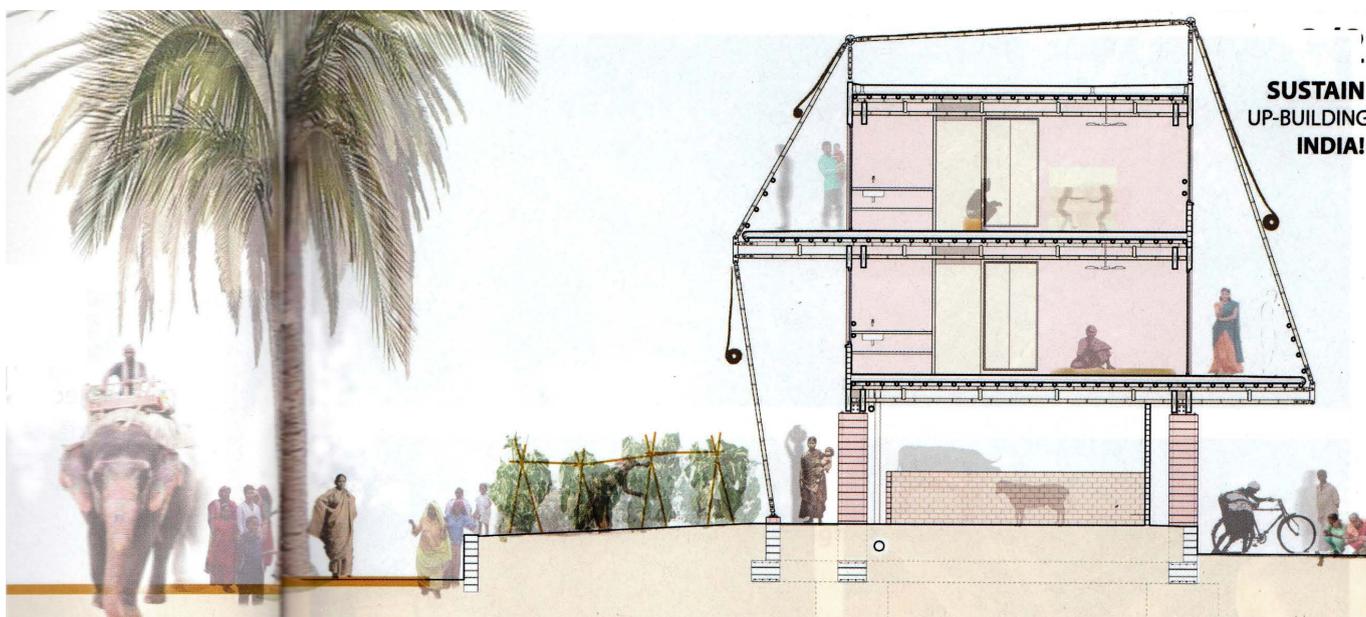


Figura 2. Proyecto presentado al Educate Prize. Fuente: Proyecto europeo Educate (EDUCATE Project Partners, 2012a).

conceptuales y bases de cálculo, hasta ejemplos de diseño e, incluso, ejemplos prácticos desarrollados profesionalmente y construidos. También contemplaba herramientas de comunicación, información y debate entre estudiantes, docentes de todas las escuelas de arquitectura participantes, investigadores (Altomonte *et al.*, 2012) (más de 30), especialistas en la materia y participantes en el proyecto de investigación.

Esta experiencia resultó concluyente en varios aspectos. Primero, demostró que el interés en incorporar las cuestiones medioambientales y de sustentabilidad en la docencia de la arquitectura, por parte de los educadores, era una realidad y, a la vez, una necesidad perentoria (EDUCATE Project Partners, 2012b). Asimismo, se corroboró que el corpus doctrinal riguroso sobre la materia estaba totalmente definido, completado y accesible a educadores y educandos. Y, finalmente, evidenció que existía una gran necesidad de desarrollar estrategias y metodologías docentes nuevas o reinterpretaciones adecuadas a los nuevos enfoques y conceptos transversales que debían incorporarse a la docencia (Masseck, 2017).

Cabe mencionar que la Escuela de Arquitectura de Sevilla cuenta con docentes cuyas trayectorias personales investigadoras llevan décadas dedicadas al medioambiente y la sustentabilidad en arquitectura y urbanismo. El caso de mayor antigüedad y relevancia es el de Jaime López de Asiaín, quien desde los años 80 incorporó el análisis medioambiental y bioclimático de edificios y espacios urbanos (González Sandino y J. López de Asiaín, 1994) en las clases de composición arquitectónica en el marco del Seminario de Arquitectura Bioclimática (Herrera-Limones, 2013). La metodología

de análisis que emplea, posteriormente definida y ampliada (M. López de Asiaín, 2010) (Figuras 3 y 4), constituye la base fundamental de experimentación arquitectónica profesional e investigadora y, sobre todo, la base metodológica y conceptual en la que se apoyan los casos de estudio experimentales desarrollados durante diversas investigaciones (González Sandino y J. López de Asiaín, 1994; J. López de Asiaín, 1997; J. López de Asiaín, 2001), como también la presente experiencia. Es de destacar que el enfoque que este autor desarrolla, combina la praxis arquitectónica con la docencia y la investigación, lo que permite la integración de las tres dinámicas y la retroalimentación de las mismas. Resulta difícil determinar qué dinámica incorpora con anterioridad el enfoque bioclimático y de sustentabilidad: la metodología de análisis de las clases de composición arquitectónica, las investigaciones sobre comportamiento higratérmico de un prototipo para clima cálido seco andaluz, la experimentación sobre un caso construido o las mediciones realizadas y extrapolación a otros proyectos arquitectónico de mayor índole. Por ello, estas se analizan en su conjunto para definir la estrategia metodológica que nutre la presente investigación.

La investigación y la experimentación proyectual física, que no únicamente simulada, alimenta y perfecciona la docencia a través de la reformulación de metodologías de análisis y toma de decisiones. A su vez, dicha docencia mejora la práctica profesional, no sólo personal del arquitecto, sino plural, al promover el desarrollo de capacidades de trabajo en equipo, fundamentales en la actualidad, para el conjunto de los alumnos, de grado, máster y/o doctorado, quienes posteriormente ponen en práctica su capacidad bioclimática en numerosos proyectos (Figura 5).



Figura 5. Proyecto de vivienda bioclimática en Mallorca. Fuente: Alumno Luis Velasco Roldán.

INVESTIGACIÓN- REDES- EXPERIENCIAS PREVIAS

El avance de la investigación, en cuanto a sustentabilidad en el diseño proyectual arquitectónico, se ha visto claramente influenciado y ayudado por las redes de investigación internacionales. Congresos de reconocido prestigio y trayectoria en la materia, como los de PLEA (Passive and Low Energy Architecture²), han generado durante las últimas décadas una red internacional de soporte en investigación sin la cual no habría sido posible el intercambio de experiencias y los avances e innovaciones realizados. Esta red ha proporcionado durante años contacto específico entre investigadores de la Escuela de Arquitectura de Sevilla y de otras universidades europeas y latinoamericanas que han permitido debatir, experimentar y mejorar la incorporación paulatina de los logros en investigación a la docencia arquitectónica, tanto en términos de contenidos como en términos de metodología docente.

Una de las referencias experimentales utilizadas para la metodología empleada en esta investigación fue la experiencia desarrollada en la Escuela de Arquitectura

y Diseño de la Universidad de Colima 2012-2013 para las asignaturas complementarias de proyecto, diseño, hábitat y proyecto urbano (M. López de Asiaín y Luna Montes, 2014). En el desarrollo de estas asignaturas se experimenta desde varios enfoques innovadores: el propio programa docente y su intensificación temporal a modo de taller intensivo, la metodología docente desarrollada y la metodología de análisis bioclimático y de sustentabilidad (Figura 6) transmitida a los alumnos. Los avances de esta experiencia han sido luego incorporados y extrapolados a la docencia en la ETSAS en varias asignaturas y, actualmente, constituyen en gran medida la base de los procesos de innovación docente de los autores.

Con base en las experiencias comentadas, se desarrolla una metodología de análisis y diseño proyectual bioclimático (Figura 7). El objetivo del presente estudio es la comprobación de dicha metodología de análisis y diseño proyectual bioclimático en términos de experiencia educativa, mediante la construcción de un prototipo a escala real en el contexto del Concurso Solar Decathlon Europa 2019.

2 “PLEA is an organisation engaged in a worldwide discourse on sustainable architecture and urban design. It has a membership of several thousand professionals, academics and students from over 40 countries. PLEA stands for “Passive and Low Energy Architecture”, a commitment to the development, documentation and diffusion of the principles of bioclimatic design and the application of natural and innovative techniques for sustainable architecture and urban design. PLEA serves as an open, international, interdisciplinary forum to promote high quality research, practice and education in environmentally sustainable design. PLEA is an autonomous, non-profit association of individuals sharing the art, science, planning and design of the built environment”. (Passive and Low Energy Architecture, 1982)



Figura 6. Concepto de sustentabilidad y habitabilidad. Trabajo alumno Escuela de arquitectura de Colima, México. Fuente: Alumno Carlos Baltazar Ortiz.

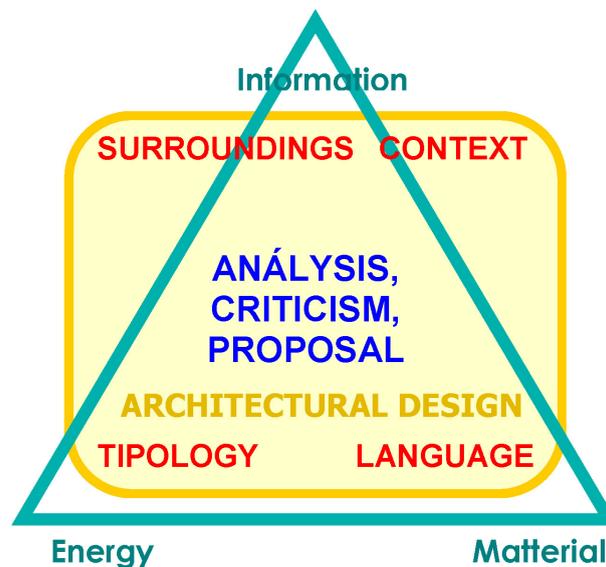


Figura 7. Esquema proceso metodológico proyectual. Fuente: Elaboración de los autores.

Esta metodología de diseño bioclimático, síntesis del proceso de investigación amplio, complejo y colaborativo desarrollado en la ETSAS, tal y como se entiende de lo expresado en los párrafos anteriores, hace uso de diversas herramientas consolidadas. Algunas de ellas son: análisis de geometría solar (Serra Florensa y Coch Roura, 1995), las gráficas sicrométricas de Víctor Olgyay (Olgyay, 1992), Baruch Givoni (Givoni, 1992) y Szokolay (Szokolay, 2008). Se asiste también de numerosos programas informáticos de apoyo, tales como: Heliodón, Archisun, Design Builder o la Herramienta unificada Lider Calener, de relevancia en España.

Para llevar a cabo los objetivos planteados, esta experiencia define un proceso metodológico educativo necesario, basado en el aprendizaje activo por proyectos, que se detalla a continuación.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada por la presente investigación se centra en el desarrollo de las siguientes fases:

- Definición del marco educativo basado en experiencias previas locales consolidadas y

experiencias internacionales de relevancia para la incorporación aspectos de sustentabilidad en la docencia de la arquitectura.

- Determinación de la metodología educativa más adecuada y definición de las variables específicas que la condicionan y/o el enfoque metodológico educativo.
- Determinación del caso de estudio.
- Desarrollo del experimento educativo.
- Extracción de conclusiones y aprendizajes.

El enfoque metodológico educativo posee tres dimensiones: el marco de conocimiento basado en el concepto de desarrollo sustentable en toda su amplitud (medioambiental, social y económica); la metodología de trabajo centrada en el aprendizaje basado en proyectos (el alumno aprende a aprender); y la construcción física del prototipo propuesto como materialización del proyecto solventado y como problema añadido a resolver por parte del alumnado.

EL CONCURSO SOLAR DECATHLON COMO MARCO POTENCIAL

El concurso Solar Decathlon 2019 (Cobo-Fray y Montoya-Flórez, 2021) constituye un marco de experimentación óptimo para la investigación educativa (Chiurini, Grondzik, King, McGinley y Owens, 2013) que se realiza por varias razones:

- Incorpora como requerimiento específico de la propuesta proyectual el enfoque de sustentabilidad medioambiental, social y económica.
- En contraposición con ediciones anteriores, los aspectos urbanos adquieren mayor importancia y el enfoque urbano, por tanto, incorpora la necesidad de trabajar desde la regeneración urbana y la resiliencia social.
- El enfoque del concurso incorpora multitud de aspectos transversales complementarios a los específicamente arquitectónicos (M. López de Asiaín y Cuchi-Burgos, 2005) que obligan a dar una respuesta amplia más allá de la propia disciplina arquitectónica³.
- Es un concurso por y para los alumnos, los cuales se hacen responsables en primera instancia de su propio aprendizaje. Los docentes se incorporan como tutores y mediadores en un plano secundario que fomenta metodologías docentes más dinámicas, prácticas, innovadoras y educadoras, desde un enfoque basado en el concepto de sustentabilidad.
- El requerimiento específico del concurso de construir el prototipo experimental proporciona un marco de trabajo e investigación docente oportuno para la

comprobación de los objetivos de la investigación que se presenta.

Desde sus inicios, el Concurso solar Decathlon ha planteado el componente bioclimático y de eficiencia energética como requerimiento central de sus propuestas y los prototipos presentados a concurso habían de cumplir con dicho requerimiento. El hecho de que el prototipo formulado como objetivo del concurso estuviera siempre constituido como vivienda unifamiliar, unido a la tradición urbanística norteamericana que prima la vivienda unifamiliar frente a la colectiva, ha dificultado, sin embargo, la incorporación de enfoques urbanos más coherentes con el paradigma del desarrollo sustentable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, el enfoque basado en la sustentabilidad que asume el concurso resulta prioritario y absolutamente necesario en términos educativos, por lo que se incorpora a la participación en el concurso con el equipo de la Universidad de Sevilla interpretándolo en términos de investigación educativa. Es tan sólo recientemente cuando el propio concurso comienza a poner énfasis en la relevancia de los aspectos urbanos en materia de sustentabilidad (Herrera-Limones et al., 2017), cuando la investigación educativa adquiere sentido a partir de un prototipo vivienda-propuesta hábitat urbano, construido (Figura 8).

Por otro lado, la participación en dicho concurso del Equipo Solar Decathlon de la Universidad de Sevilla trasciende lo arquitectónico. La oportunidad de trabajar con distintas Facultades y disciplinas a través de sus alumnos y docentes proporciona un marco para la investigación educativa transdisciplinar (Moreno Toledano, 2017) imperioso y pertinente en estos días. El equipo realiza una invitación abierta a participar a las distintas Facultades de la Universidad de Sevilla a través de sus decanos/a y, finalmente, participan en el proyecto para 2019 (Europa y Latinoamérica-Caribe) profesores y/o investigadores de las Facultades de Matemáticas, de Física, de Medicina, de Ciencias de la Educación, de Comunicación, de Psicología, de Económicas y Empresariales, de Bellas Artes, de Biología, la Oficina de Cooperación al Desarrollo o las Escuelas de Ingeniería Informática, la Politécnica Superior o la Superior de Ingeniería de la Edificación (Herrera-Limones et al., 2020). La experiencia se enriquece, además, con la colaboración de investigadores de otras universidades que son invitados como expertos durante el proceso de desarrollo del concurso.

3 Los 10 ítems que define como objetivos el Solar Decathlon son: arquitectura, ingeniería y construcción, eficiencia energética, comunicación y conciencia social, integración urbana e impacto, innovación y viabilidad, condiciones de confort, funcionamiento de la vivienda y balance energético (véase: http://sde2019.hu/index_en.html).

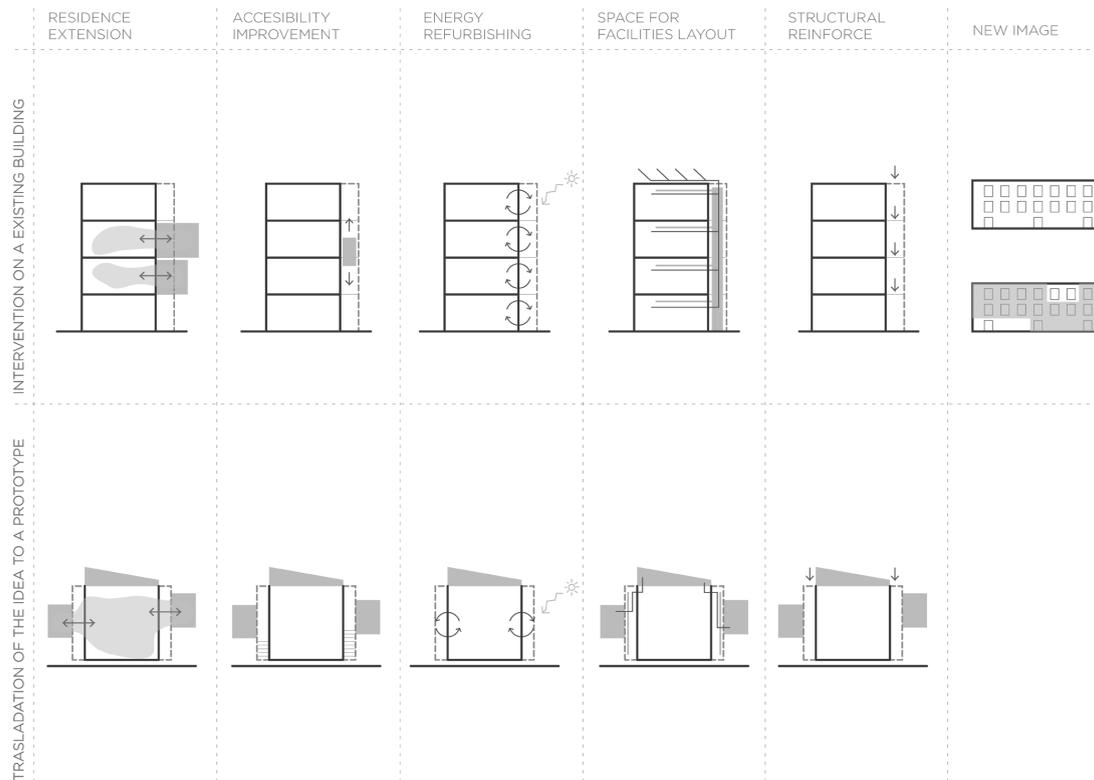


Figura 8. Esquema del 'tipo' desarrollado. Integración y conceptualización urbana trasladada al objeto arquitectónico. Fuente: Elaboración de los autores.

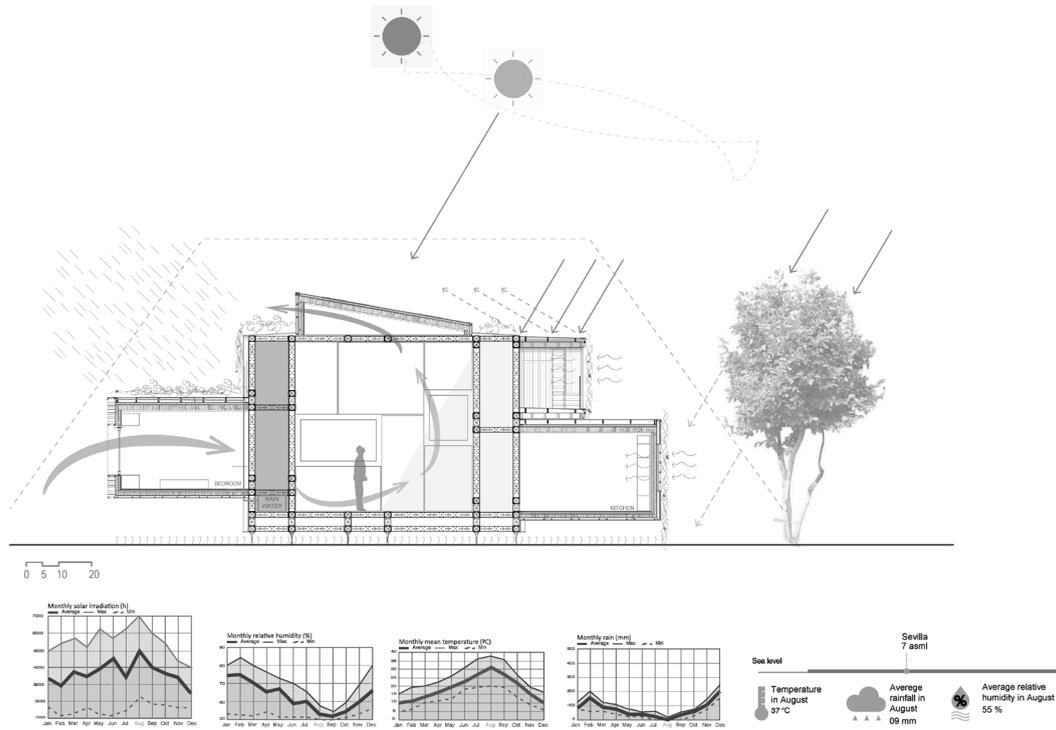
Colaboran, igualmente, en el proyecto de investigación varias redes de innovación docente actualmente activas en la Escuela de Arquitectura de Sevilla, cuyas aportaciones metodológicas son fundamentales para el desarrollo del proyecto. Otras investigaciones paralelas y en desarrollo proporcionan sustento a la experimentación que se plantea. Es el caso de la experiencia del equipo Arus, de la Universidad de Sevilla, que trabaja en el diseño y construcción de prototipos de coches y motos de competición. La colaboración e intercambio con dicho equipo permite, entre otras cosas, avanzar y debatir sobre cuestiones más genéricas pero de gran relevancia de acuerdo con el enfoque metodológico educativo que se está aplicando, como la logística, la gestión, la transmisión del conocimiento entre alumnos de distintos cursos, el liderazgo por parte de los alumnos, etc.

Junto con la consolidación de la metodología de diseño bioclimático, un segundo objetivo en el marco de esta investigación reside en definir y experimentar la potencialidad del prototipo construido (Fernández Saiz, 2016) como herramienta que incorpora el ámbito profesional real a la docencia. De esta forma, los aspectos logísticos, de gestión, económicos, organizativos, forman parte del propio aprendizaje, además de los aspectos puramente disciplinares vinculados al diseño arquitectónico más sustentable. Así, numerosas experiencias previas en diferentes contextos, acompañadas de las propias en la Escuela de Arquitectura de Sevilla ya comentadas, nos han proporcionado las

bases para el enfoque metodológico educativo que aquí se aplica.

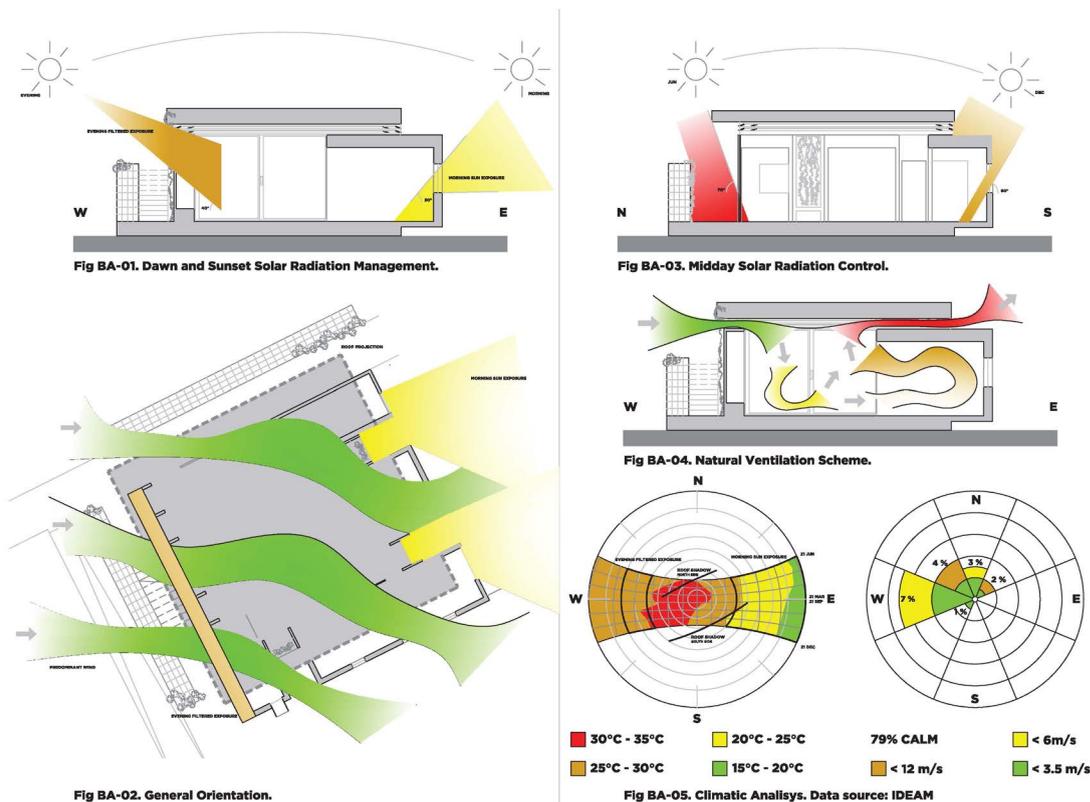
La definición del 'tipo' o 'prototipo' constituye un ejercicio educativo arquitectónico, ya sea académico o profesional, tradicional, que permite la búsqueda y profundización sobre la concepción proyectual del objeto arquitectónico en el que se comprueban requerimientos concretos (Figuras 9 y 10). En este caso, se optó por los establecidos por el concepto de desarrollo sustentable. Se analiza, del mismo modo, la adecuación del modelo-prototipo a su contexto, definido como requerimiento de origen del enfoque bioclimático.

Desde la conceptualización, la metodología empleada para el diseño arquitectónico basada en un análisis bioclimático previo de preexistencias (Figura 9) garantiza el ámbito ambiental en el diseño del proyecto (Figura 10), al tiempo que los requerimientos sociales y económicos, estudiados desde el entendimiento y diálogo, tanto con el mercado como con los ciudadanos y sus necesidades específicas, condicionan las decisiones de materialización final y definición constructiva del mismo. Los aspectos más relevantes tenidos en cuenta y logros alcanzados se detallan en la Tabla 1. El proyecto se esboza como una problemática global compleja a solucionar y se aborda desde las diferentes perspectivas y requerimientos arquitectónicos, problema a problema, decisión a decisión, entendiendo el proceso como un viaje de ida y vuelta que se retroalimenta a medida que avanza, reflexiona y se pone en crisis paso a paso.



INTERNATIONAL COMPETITION SOLAR DECAATHLON EUROPE 2019
 PROJECTS DRAWINGS
 BA-001
 Local Climate Analysis
 projects 3.1
 2019
 April 2019
 ura

Figura 9. Esquema de análisis bioclimático de preexistencias y comportamiento prototipo. Fuente: Elaboración de los autores.



INTERNATIONAL COMPETITION SOLAR DECAATHLON LATIN AMERICA & CARIBBEAN 2019
 PROJECTS DRAWINGS
 BA-001
 Bioclimatic drawings (passive design strategies)
 projects 3.0
 2019
 February 2019
 ura

Figura 10. Comportamiento bioclimático del prototipo. Fuente: Elaboración de los autores.

Ámbito económico	
Se realiza un prototipo "Low-Cost" que se priorice el equilibrio de la balanza entre recursos consumidos y resultados obtenidos.	
Ámbito social	
El prototipo se desarrolla en el ámbito de una planificación y gestión urbanística basada en la regeneración de tejido urbano ya edificado, con unas determinadas características de obsolescencia funcional y alto grado de pobreza energética. Se evita propuestas de edificaciones de nueva planta que aborden el consumo y ocupación de nuevo suelo no edificado.	
El objetivo es reducir, reutilizar y reciclar no solo los residuos generados, sino también el propio tejido urbano existente.	
Ámbito medioambiental (bioclimático y ecológico)	
Optimización de los recursos materiales	En el marco del concepto "Low-Cost", se prioriza la utilización de productos y sistemas reciclados, alquilados o prestados, para reducir así el consumo de recursos, emisiones y energía consumidos en el todo el ciclo. Estudiar los sistemas de prefabricación ligera permite controlar y disminuir la cantidad de materia implicada y las emisiones derivadas del proceso edificatorio.
Disminución del consumo energético mediante estrategias pasivas y fomento de energías renovables	Se prioriza la utilización de sistemas pasivos y de captación para el aprovechamiento de energías naturales y las corrientes de aire dominantes del entorno. Se utiliza la ventilación cruzada, un patio central, atomización de los espacios para facilitar su control, iluminación natural, doble piel, control solar, correcta orientación. Se utilizan aislamientos térmicos de alta eficacia en toda la envolvente para evitar puentes térmicos, con una ventilación controlada a fin de mejorar la calidad de aire interior y garantizar el confort interno. Se realizan simulaciones para optimizar la elección y utilización de sistemas y equipos de iluminación y acondicionamiento activos de alto rendimiento de forma puntual.
Disminución de residuos y emisiones	Se prioriza para la construcción la utilización de materiales y sistemas reciclados o alquilados en la estructura, en los cerramientos, en el mobiliario, en las instalaciones, productos que tengan una segunda vida útil y puedan ser remanufacturados en otros procesos constructivos. El uso de sistemas prefabricados facilita la posterior reutilización y ensamblaje en otros proyectos. También se estudia el uso de sistemas de reciclaje interno de agua de lluvia, aguas grises y residuos generados en la propia construcción.
Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios	Se efectúa un estudio exhaustivo de las partes del prototipo en cuanto a su ciclo de vida, maximizando las llamadas "tres erres" (reducir-reutilizar-reciclar). Algunas partes empleadas para la construcción del prototipo son alquiladas o prestadas y otras, tras el concurso, son vendidas para su reutilización. El prototipo está diseñado en función de una superficie y durabilidad coherentes con la propia exhibición del concurso. No obstante, en el continuo seguimiento del ciclo de vida útil del mismo se consigue una vez finalizada la exposición: la venta de gran parte del prototipo a un ciudadano de Hungría. Esto permite alargar la vida útil de estos módulos y ahorrar recursos de transporte.
Mejora de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios	El estudio del confort interno del prototipo es uno de los pilares de los estudios previos basado en la ventilación natural, una funcionalidad flexible, perfectible y adaptada a las necesidades de los nuevos modelos familiares. Se consigue un equilibrio entre el uso de sistemas domóticos que integran todos estos funcionamientos y optimizan el consumo energético global, con la incorporación de dispositivos pasivos para la regulación del confort (temperatura, movimiento del aire y humedad interior adecuados), además del empleo puntual de sistemas activos de apoyo.

Tabla 1. Aspectos de sostenibilidad abordados en el estudio y construcción del prototipo. Fuente: Elaboración de los autores.

En el ámbito de la construcción, se recupera la tradición mantenida por la Bauhaus respecto del oficio como parte imprescindible y primaria de la formación del arquitecto (Ramos Carranza, 2010), encontrándose en el taller el espacio requerido para la elaboración del proyecto inicialmente y, posteriormente, para su desarrollo constructivo. La construcción física del prototipo (Fernández Saiz, 2016) es una oportunidad educativa de especial relevancia (Figura 11) ya que obliga a los alumnos a enfrentarse a numerosos retos que, de otra forma, no serían sencillos de plantear. En primer lugar, la gestión de los tiempos relativa a la gestión

en obra de diferentes agentes; en segundo lugar, la necesaria profundización en la toma de decisiones, tanto constructivas como estructurales, ya que el prototipo 'ha de construirse'; en tercer lugar, la producción de la información necesaria para la construcción del prototipo en forma de planimetría, y; en cuarto lugar, la gestión y aprovechamiento de las dinámicas de equipo.

La gestión de los tiempos de obra es clave, la unidad de obra depende de la anterior y condiciona los avances; para ello la coordinación en toma de decisiones, producción de planimetría, gestión económica para el



Figura 11. Comienzo de la construcción del prototipo. Fuente: Elaboración de los autores

Figura 12. Implantación del prototipo en la localización final. Fuente: Elaboración de los autores.

abastecimiento de materiales, y el propio desarrollo de la construcción, que incluye la gestión de la seguridad en obra, es vital. Los alumnos de arquitectura suelen tener una muy vaga idea de la complejidad de estos procesos y el experimentarlos les da la oportunidad de implicarse en la resolución real de los mismos y la puesta en valor de los procesos constructivos, frente a los procesos de diseño con los que están más familiarizados.

A ello se suma que el proceso de construcción les obliga a profundizar en el diseño constructivo del proyecto y tomar decisiones a las que normalmente no se ven abocados. Enfrentarse a una obra requiere diseñar decidiendo a mayor escala de lo acostumbrado y solucionar problemas sobrevenidos durante el proceso constructivo (Figura 12) que, probablemente, en proyectos meramente académicos serían descartados por considerarse "no relevantes". Ello también exige definir y producir planimetría muy detallada y claramente expresada para su utilización por terceros, quienes pueden no ser diseñadores ni estudiantes.

Este sobresfuerzo resolutivo les proporciona notoria capacidad de reacción y de trabajo. La gestión del equipo y el aprovechamiento de su máximo potencial sumando esfuerzos (Figura 13) quizás es uno de los aprendizajes de mayor valor que se puede adquirir, aunque no es sencillo y debe basarse en la simultaneidad de los aprendizajes integrados del conocimiento (Domingo Santos, 2010). Los estudiantes suelen estar acostumbrados a trabajar en grupo, unos junto a otros, pero de manera secuencial, no integrada, lo cual es totalmente necesario al abordar la colaboración desde un enfoque holístico. Un diseño integrado de un prototipo para el concurso Solar Decathlon exige y promueve la colaboración holística frente a la secuencial tradicional incluso en la profesión arquitectónica entre pares (ya sean arquitectos o ingenieros) que se responsabilizan de diferentes aspectos de un proyecto (estructuras, construcción, instalaciones);



Figura 13. Finalización del prototipo en Hungría. Fuente: Elaboración de los autores.

tal y como comenta Chiuini et al. (2013). La experiencia que supone este concurso durante la fase de construcción, en este sentido, es de gran importancia, aunque básica, debido a los tiempos escasos de maduración del equipo, que siempre demandarían más oportunidades para el aprendizaje colectivo y cooperativo.

Este enfoque metodológico constituye un experimento pedagógico como el desarrollado en Amereida, Ciudad Abierta, Chile (Millán-Millán, 2019), donde se parte de los principios metodológicos de la Bauhaus en su primera etapa y que aúna, en equilibrio, la reflexión teórico conceptual y la práctica real del proyecto arquitectónico. La experiencia constructiva es considerada como una experiencia de vida, no sólo educativa, por sus implicaciones en la formación de la persona y no únicamente en la del técnico. Al afrontar los alumnos cuestiones técnicas prioritarias, urgentes y rigurosas que se ven implicadas en la construcción de un prototipo desde un proceso de toma de decisiones que forzosamente ha de ser consensuado entre muchos -no



Figura 14. Maqueta prototipo Solar Decathlon Europa. Equipo de la Universidad de Sevilla (2019). Fuente: Elaboración de los autores.

decidido por los profesores o un alumno en particular, el ejercicio constructivo conlleva en sí mismo una experiencia vital colaborativa (Figura 13).

El trabajo se acompaña de numerosa planimetría adaptada a cada fase del proceso constructivo. Las maquetas (Figura 14) también son una herramienta fundamental en el desarrollo paulatino del proyecto, adaptándose en escala a la toma de decisiones desde el ámbito de lo urbano, lo arquitectónico y, posteriormente, lo constructivo. El prototipo se elabora mayormente en Sevilla y después se traslada hasta su lugar de competición donde se termina su confección. Este profundo proceso de investigación colaborativa que parte del diseño y adquiere sentido con el de construcción, por parte de los alumnos, resulta una experiencia educativa rara vez reproducida en toda su complejidad experiencial en la Escuela de Arquitectura de Sevilla.

Para el concurso Solar Decathlon Europe 2019 se desarrolló el prototipo AURA 3.1 (Herrera-Limones et al., 2021). El proyecto se basó en una estrategia de construcción sustentable para la regeneración urbana de barrios residenciales obsoletos, a través de la reutilización de edificios existentes teniendo en cuenta el clima mediterráneo, que denominamos Estrategia AURA. El barrio del Polígono San Pablo de Sevilla (España) fue elegido como caso de estudio para la aplicación urbana del proyecto.

La eficacia de la propuesta en términos de sustentabilidad quedó demostrada por los resultados de la competición. Se obtuvo los dos primeros premios obtenidos en las pruebas cuantitativas, basadas en las mediciones *in situ* recogidas con sensores instalados en el prototipo: Condiciones de Confort y Funcionamiento de la Casa (Alonso, Calama, Suárez, León y Hernández, 2022). Además, se consiguió el tercer premio en el concurso de Sustentabilidad, lo que comprueba las enormes posibilidades que tiene la Estrategia AURA en el ámbito

de la regeneración urbana sustentable y comportamiento bioclimático en la rehabilitación de viviendas sociales.

La principal acción regenerativa aplicada consistió en la yuxtaposición sobre un bloque de viviendas sociales de un sistema tecnológico-estructural que aporta nuevas prestaciones tecnológicas y espaciales. Este sistema prefabricado se compone de una envolvente de conexión y módulos de ampliación con las siguientes características: sistema fragmentado que permite una aplicación más generalizada sobre un mayor número de unidades de viviendas y con capacidad de adaptación a los requerimientos específicos de cada edificio/vivienda; sistema progresivo que no requiere una construcción completa para ser operativo; sistema compatible con el uso del edificio durante el proceso de construcción; sistema abierto a la incorporación de futuras necesidades.

Los logros obtenidos en el concurso han permitido continuar perfeccionando las posibilidades de la propuesta, a través del proyecto de investigación titulado "Aplicación directa de Estrategia Aura del Equipo Solar Decathlon- U.S., en rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas", financiado por la Junta de Andalucía (España) y actualmente en desarrollo.

CONCLUSIÓN

La validez del proceso frente al puro carácter finalista de este tipo de estrategias proyectuales docentes, la riqueza de las innumerables situaciones límite planteadas en el camino, como también el aprendizaje bidireccional entre docentes y alumnos, hacen de este tipo de experiencias inmejorables instrumentos de enseñanza en el campo del hábitat social sustentable, dado que durante las mismas se valorizan primordialmente los aspectos bioclimáticos del proceso de ideación, proyecto y ejecución del prototipo.

Esta forma singular de investigar (utilizando los instrumentos del proyecto y la construcción arquitectónica con un prototipo específicamente concebido para cada caso en cuestión) requiere de una previa indagación teórica acerca de cuáles podrían ser los nuevos tipos de sistemas constructivos más sustentables y las soluciones habitacionales ambientalmente más eficientes.

En definitiva, la metodología educativa empleada se confirma como estratégica para la obtención de resultados oportunos que formen al alumno en un marco de sustentabilidad. La metodología activa del aprendizaje basado en proyectos sitúa al alumno frente a la resolución de un problema concreto, para el que dispone del apoyo de sus profesores y del cuerpo doctrinal existente en la materia, pero el que necesita abordar junto a sus compañeros, de manera proactiva, coordinada y resolutoria.

Así, la estrategia de construcción de un prototipo y no únicamente el diseño del mismo con criterios bioclimáticos supone un reto añadido, al implicar ámbitos de la disciplina arquitectónica (sobre todo desarrollo y logística constructiva) que están más allá del proyecto propiamente hablando y que se vinculan a la concreción física del objeto, experiencia a la que los alumnos no suelen enfrentarse. Desde esa óptica, los logros obtenidos en términos de eficiencia del diseño en términos bioclimáticos (constatada por los premios obtenidos y no solo por las simulaciones realizadas), en términos de materialización y construcción final (definición constructiva real), pero también de acercamiento a la realidad compleja profesional (viabilidad organizativa y logística), son múltiples.

Concretamente, el concurso Solar Decathlon ha constituido el marco idóneo para este experimento educativo de incorporación de aspectos de sustentabilidad arquitectura (Chiuini et al., 2013) gracias a sus requerimientos específicos. Los estudiantes, decathletas para el concurso, junto a los profesores e investigadores que los tutorizan y apoyan, han formado un equipo de diseño y construcción que transita el proceso educativo mediante la metodología de trabajo por proyectos y resolución de problemas. La Universidad de Sevilla, que participa asiduamente en la competición desde 2010, ha cerrado (de momento) su participación en este tipo de concursos con el proyecto 'Aura 3.1', construido en Budapest, Hungría, en julio 2019, dentro de la última edición celebrada en Europa.

Los resultados conseguidos permiten afirmar que el enfoque educativo y la metodología educativa empleadas son adecuadas para la incorporación de aspectos de sustentabilidad en la docencia de la arquitectura, no solo desde un punto de vista teórico, sino además de uno práctico. En efecto, el desarrollo de todo el proyecto supone un avance de relevancia en la transmisión de conocimiento, pero sobre todo de capacidades y habilidades al alumnado de arquitectura. Esto se complementa con otro tipo de habilidades para el trabajo en equipo, que, aunque no específicamente arquitectónicas, sí fortalecen aspectos de sustentabilidad vinculados a la cooperación y colaboración, esenciales en el ámbito social de la misma.

La dinámica metodológica activa, basada en la resolución de proyectos, fue adaptada a los tiempos y gestión correspondientes, planteando las distintas fases de avance en el diseño como problemas a resolver entre alumnos participantes, provenientes de diversas asignaturas involucradas en el proyecto de investigación. De esa forma, los profesores actuaron como tutores de la propia investigación de los estudiantes ayudando a definir objetivos y metas a alcanzar.

La participación de alumnos de diferentes disciplinas (arquitectos, ingenieros, periodistas, comunicadores,

traductores) constituyó un factor de compleja gestión, pero clara mejora del aprendizaje. Hizo posible abordar los retos que definía el concurso desde lo global, de manera holística, reafirmando la complejidad del proceso arquitectónico – constructivo, más allá de la propia disciplina arquitectónica, y proporcionando a los estudiantes un acercamiento experiencial a esta realidad que agudizará su capacidad colaborativa. De igual manera, la experiencia devino un experimento de carácter transversal (Masseck, 2017) dentro de la Arquitectura, donde se hace patente la necesidad de trabajar la complejidad constructiva de un proyecto más allá de su diseño y resolución formal. Con ello, se pudo introducir a los alumnos en la dinámica integral que supone la definición constructiva de un proyecto construido (Alba Dorado, 2019), lo cual supuso enfrentarlos físicamente a la necesidad de materializar constructivamente un diseño (Fernández Saiz, 2016) y garantizar su correcto funcionamiento final.

La dinámica metodológica, que en su planteamiento se ha confirmado como adecuada y muy productiva, sin embargo, ha adolecido de rigurosidad en su aplicación y podemos evidenciar aspectos potenciales de mejora. Algunas propuestas de mejora deben ser enfocadas hacia la mayor implicación de los alumnos en la dirección y gestión del propio proceso. Es posible y deseable que asuman mayor responsabilidad en la toma de decisiones, no ya proyectuales, sino de gestión del proceso de diseño y construcción del prototipo. También es preciso trabajar el involucramiento de un mayor número de alumnos mediante una igualmente mayor difusión de las actividades dentro del ámbito universitario. Numerosas disciplinas que en este caso no han participado pueden incorporarse al proyecto y enriquecerlo como experiencia educativa colectiva.

Por parte del profesorado es fundamental realizar un esfuerzo desde la gestión académica que permita la participación de alumnos sin que ello menoscabe su productividad y resultados académicos vinculados a las asignaturas de los distintos cursos. El aprendizaje que la experiencia de participación en este tipo de concursos proporciona no ha de incrementar la exigencia académica del alumno, sino simplemente variar la metodología de adquisición de conocimientos que deben ser plena y claramente reconocidos desde las diferentes asignaturas implicadas. Desde este enfoque, es necesario definir herramientas de evaluación que permitan valorar los conocimientos adquiridos por todos y cada uno de los estudiantes participantes de forma que la experiencia constituya un itinerario educativo posible vinculado al grado en arquitectura o, incluso, al máster habilitante.

La experiencia desarrollada, sin duda, pone en valor la capacidad educativa que un proceso de diseño y construcción física de un prototipo puede significar para un alumno. El contacto con la realidad constructiva contribuye a acelerar el proceso de maduración arquitectónica y

de interiorización de los conocimientos que adquieren vinculados a cada disciplina arquitectónica trabajada. La metodología implicada le permite experimentar los procesos colaborativos y cooperativos que su futuro laboral demandará y conocer sus potencialidades y debilidades en términos de gestión de equipos, colaboración con pares y con otras disciplinas. Todas estas capacidades resultan hoy en día fundamentales para el quehacer arquitectónico profesional, por lo que la estrategia desarrollada se considera un éxito.

Finalmente, la incorporación del paradigma de la sustentabilidad en la enseñanza de la arquitectura encuentra en esta experiencia una base sólida de desarrollo que concreta los esfuerzos previamente realizados por la Escuela de Arquitectura de Sevilla. La trayectoria ambiental de esta, iniciada con el Seminario de Arquitectura Bioclimática, ahora se concreta con este tipo de experiencias, auspiciadas por la existencia de una línea de investigación en hábitat sustentable en la que participan numerosos grupos, la cual se encarga, a su vez, de velar por el engarce entre los diferentes ámbitos que la sustentabilidad ha sumado en los últimos años, dadas las urgencias del cambio climático y el Marco de referencia de los Objetivos de Desarrollo Sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Dorado, M. I. (2019). Enseñando a ser arquitecto/a. Iniciación al aprendizaje del proyecto arquitectónico. *Jida*, 505. DOI: <https://doi.org/10.5821/jida.2019.8371>
- Alonso, A., Calama González, C. M., Suárez, R., León Rodríguez, Á. L. y Hernández Valencia, M. (2022). Improving comfort conditions as an energy upgrade tool for housing stock: Analysis of a house prototype. *Energy for Sustainable Development*, 66, 209–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.12.009>
- Altomonte, S. (2009). Environmental Education for sustainable architecture. *Review of European Studies*, 2(July), 2–5.
- Altomonte, S., Cadima, P., Yannas, S., de Herde, A., Riemer, H., Cangelli, E., de Asiaín, M. L. y Horvath, S. (2012). Educate! Sustainable environmental design in architectural education and practice. *Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture, PLEA 2012*. Recuperado de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84886792414&partnerID=MN8TOARS>
- Blandón González, B. (2018). Propuesta del nuevo modelo didáctico aplicado en construcción. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 58–79. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.03>
- Blandón González, B. y Vallés Sisamón, A. (2019). Una propuesta de Innovación Docente en el entorno de las asignaturas técnicas = A proposal for Teaching Innovation in the environment of technical subjects. *Advances in Building Education*, 3(1), 34-55. DOI: <https://doi.org/10.20868/abe.2019.1.3883>
- Cangelli, E., Altomonte, S., Yannas, S., de Herde, A., Fink, D., López de Asian, M., Becker, G. y Partners, E. P. (2012). *EDUCATE Portal Development and Testing*. Nottingham: EDUCATE Press.
- Chiuni, M., Grondzik, W., King, K., McGinley, M. y Owens, J. (2013). Architect and engineer collaboration: The Solar Decathlon as a pedagogical opportunity. *Architectural Engineering Conference 2013*, April 3-5, 2013. State College, Pennsylvania, United States. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784412909.021>
- Cobo-Fray, C. y Montoya-Flórez, O. L. (2021). Tuhouse: prototipo de vivienda social sostenible de alta densidad para el trópico. *Revista Hábitat Sustentable*, 11(1), 32–43. DOI: <https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.01.03>
- Domingo Santos, Juan (2010). Nuevas ilusiones para una Escuela. *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (1), 92–99. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2010.i1.07>
- EDUCATE Project Partners (2012a). *EDUCATE Prize International Student Award*. EDUCATE Press/University of Nottingham. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0196-6553\(80\)80011-3](https://doi.org/10.1016/s0196-6553(80)80011-3)
- EDUCATE Project Partners (2012b). *State of the Art of Environmental Sustainability in Professional Practice*. EDUCATE Press/University of Nottingham. DOI: <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Fernández Saiz, M. del C. (2016). La dimensión material de la arquitectura. Experiencias 1 en 1. *VIII Congreso Regional de Tecnología de La Arquitectura – CRETA*, 10. Recuperado de https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/18827/11_FERNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Galán Marín, M. D. C. (2018). La docencia de construcción en el máster habilitante en arquitectura: un reto hacia la profesión. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 243–262. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.14>
- García Sáez, I. (2018). Ciclo de mejora para la adquisición de autonomía y visión crítica en la construcción arquitectónica. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 1341–1360. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.75>
- Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18(1), 11–23. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)
- González Sandino, R. y López de Asiaín, J. (1994). *Análisis bioclimático de la arquitectura*. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Granero, A. E. y García Alvarado, R. (2014). Aprendizaje temprano de arquitectura sustentable mediante vistas interiores graduadas. *Revista Hábitat Sustentable*, 4(1), 14–24. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/440/402>
- Herrera-Limones, R. (2013). *La urdimbre sostenible como táctica para un hacer arquitectónico: de la "arquitectura de países cálidos" hasta los nuevos escenarios y modos de vida emergentes, a través de la dimensión dialógica*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Recuperado de <https://idus.us.es/handle/11441/36339>

- Herrera-Limones, R., Gómez García, I., Borrillo Jiménez, M., Iglesia Salgado, F. de la, Domínguez Delgado, A., Gil Marti, M. A., Granados Cabrera, M., López, E., Roa-Fernández, J. y Serrano Fajardo, J. (2017). *Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe. Cali 2015 (Colombia), Proyecto AURA*. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/59659#.XVWWna41WhM.mendeley>
- Herrera-Limones, R., Hernández-Valencia, M., Roa-Fernández, J., Vargas-Palomo, A. C., Guadix-Martín, J. y Torres-García, M. (2021). *La Universidad de Sevilla en 'Solar Decathlon Europe 2019'. Innovación docente a través de un proceso de transferencia de conocimiento*. Recuperado de <http://www.us.es/actualidad-de-la-us/el-equipo-solar-decathlon-de-la-us-recoge-en-un-libro-su-experiencia-con-el>
- Herrera-Limones, R., Rey-Pérez, J., Hernández-Valencia, M. y Roa-Fernández, J. (2020). Student competitions as a learning method with a sustainable focus in higher education: The University of Seville 'Aura Projects' in the 'Solar Decathlon 2019'. *Sustainability*, 12(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/su12041634>
- López de Asiaín, J. (1997). *Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño*. Sevilla: Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- López de Asiaín, J. (2001). *Arquitectura, ciudad, medioambiente*. Universidad de Sevilla.
- López de Asiaín Alberich, M. (2010). Nuevas metodologías para la incorporación de aspectos de sostenibilidad en la docencia de la arquitectura y el urbanismo. *Temas De Arquitectura*, 1(1). <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/tarquitectura/article/view/868/841>
- López de Asiaín, M. y Cuchi-Burgos, A. (2005). Implications of the term 'sustainability' in architecture: Teaching tools for lecturers. *22nd International Conference, PLEA 2005: Passive and Low Energy Architecture - Environmental Sustainability: The Challenge of Awareness in Developing Societies, Proceedings*, 2(November), 821–824.
- López de Asiaín, M., Echave, C. y Fentanes, K. (2005). A methodological approach to the transference of knowledge. *22nd International Conference, PLEA 2005: Passive and Low Energy Architecture - Environmental Sustainability: The Challenge of Awareness in Developing Societies, Proceedings*, 2(November), 13–16. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84864145229&partnerID=40&md5=f7c8142da3d98cb5c0ca0e58adcefe74>
- López de Asiaín Alberich, M. y Escobar Burgos, C. (2013). Sustainability and Teaching Architecture. Teaching Sustainability To Teachers. *6th International Conference of Education, Research and Innovation, November*, 5436–5441. http://gateway.webofknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=ORCID&SrcApp=OrcidOrg&DestLinkType=FullRecord&DestApp=WOS_CPL&KeyUT=WOS:000347240605082&KeyUID=WOS:000347240605082
- López de Asiaín Alberich, M. y Luna Montes, J. G. (2014). Sustainability and Habitability in Architecture. Teaching Complex Concepts. *EDULEARN14 Proceedings*, 4476–4481. Recuperado de http://gateway.webofknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=ORCID&SrcApp=OrcidOrg&DestLinkType=FullRecord&DestApp=WOS_CPL&KeyUT=WOS:000366837204092&KeyUID=WOS:000366837204092
- Martínez Osorio, P. A. (2013). El proyecto arquitectónico como un problema de investigación. *Revista de Arquitectura*, 15(1), 54–61. DOI: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.6>
- Masseck, T. (2017). Living Labs in Architecture as Innovation Areas within Higher Education Institutions. *Energy Procedia*, 115, 383–389. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.035>
- Millán-Millán, P. M. (2019). De la poesía a la experimentación: la Hospedería del Errante en Ciudad Abierta (Quintero, Chile). *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (20), 106–119. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa.2019.i20.06>
- Moreno Toledano, L. A. (2017). Abordar lo complejo desde el diseño: una mirada hacia la transdisciplinariedad. *Educación y Humanismo*, 19(33), 369–385. DOI: <https://doi.org/10.17081/eduhum.19.33.2650>
- Olgay, V. (1992). *Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- ONU (2015). Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización. *Naciones Unidas*, 1(1), 1–88.
- Pedreño Rojas, M. A. (2018). El estudio de casos como técnica de mejora docente en la asignatura de taller de arquitectura 6. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 517–530. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.29>
- Ramos Carranza, A. (2010). Compartir y debatir en arquitectura. *Proyecto, Progreso Arquitectura*, (1), 11-14.
- Ramos Carranza, A. (2018). La Arquitectura sale a escena. Architecture emerges on the scene. *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, 19(12–17), 198–200. DOI: <https://doi.org/10.12795/ppa>
- Rivera Gómez, C. A. (2018). Ciclo de mejora para la innovación docente aplicado en materias de un área técnica arquitectónica. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 1170–1190. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.66>
- Roa Fernández, J. (2018). El aprendizaje de la construcción arquitectónica a partir de los contenidos procedimentales y actitudinales. *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado*, 1, 619–636. DOI: <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.35>
- Serra Florensa, R., y Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural* (1ª). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to architectural science : the basis of sustainable design*. Amsterdam: Elsevier.