

DESARROLLO DIGITAL UN RETO DE INNOVACIÓN EN ARQUITECTURA

DIGITAL DEVELOPMENT A CHALLENGE OF INNOVATION IN ARCHITECTURE

AUTORES

Alejandro Guzmán Mora gmoralex@gmail.com

Doctor en Artes y Humanidades, Profesor Investigador Titular. Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. ORCID: 0000-0002-4236-8271.

Sheila Elena Calderón Stamatío stamatío.umich@gmail.com

Maestra en Comunicación y Tecnologías Educativas. Profesor Investigador. Facultad Popular de Bellas Artes, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. ORCID: 0000-0003-3521-0609.

RESUMEN

En la actualidad los arquitectos están cuestionando la eficacia del sistema educativo, que en muchos casos ellos mismos emprendieron como estudiantes y profesores, a la luz de las solicitudes que requieren las oficinas posmodernas de arquitectura, debido a los aportes digitales en los procesos de diseño. Este estudio busca contrastar las tendencias digitales globales en el diseño contra la currícula en arquitectura. La metodología empleada fue hacer un análisis de los contenidos curriculares de las facultades en la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán y donde concentra el mayor número de ellas, de manera paralela se realizó un análisis de las innovaciones en herramientas digitales. El estudio nos revela que existen cinco categorías en el avance digital del diseño, que exigen tener competencias tanto informáticas como informacionales, pasando de los sistemas de representación hasta los simuladores orientada a eventos, mientras que dentro de las aulas universitarias se utilizan los niveles básicos, se observa una tendencia de cambio acelerado hacia el uso de los sistemas digitales avanzados, por lo que el

reto es tener la capacidad de incorporar competencias informáticas e informacionales para estar a la par de las innovaciones que se pretenden.

ABSTRACT

Today, architects are questioning the effectiveness of the education system, which in many cases they themselves undertook as students and professors, taking into account the demands that postmodern architecture offices require, due to digital contributions in design processes. This study seeks to contrast the global digital tendencies in the design against the architecture curricula. The methodology used was an analysis of the curricular contents of the faculties in the city of Morelia, capital of the state of Michoacán and where the largest number of them is concentrated, as well as an analysis of the innovations in digital tools. The study reveals that there are five categories in the digital advance of design, which require having both computer and informational competences, moving through from representation systems to event-oriented simulators, while on the university level is only addressing the basic levels. There was trend of accelerated change for the use of advanced digital systems, so the challenge is to have the ability to incorporate computer and information skills to be on par with the innovations that are intended.

PALABRAS CLAVE

Investigación curricular, mercado laboral, método de estudio.

KEY WORDS

Curricular research, labor market, study method.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se quiere enfatizar en el complejo campo que se enfrenta desde la academia, bajo la visión de la disciplina de la arquitectura, donde el reto es hacer converger las políticas de los sistemas educativos con los modelos en las instituciones y ser congruentes con los acelerados cambios que hoy se viven como resultado de los entornos socioculturales, políticos, económicos, demográficos y tecnológicos, además de no caer en un discurso simplista del termino tecnología,

se enfatiza en cómo las características particulares de la tecnología moldean la práctica y cómo la práctica da forma a las formas en que se usa la tecnología.

Las tecnologías emergentes (redes sociales, gamificación, software adaptable) y prácticas remergentes (apertura, modelado de usuarios) en particular, serán consideradas como oportunidades para transformar la educación, el aprendizaje y la enseñanza. Tales discusiones postulan que las nuevas ideas ya sean tecnologías o prácticas abordarán los problemas educativos o proporcionarán oportunidades para repensar las formas en que se organiza y promulga la educación.

Las tecnologías emergentes son un componente esencial que acompañan y fortalecen el proceso educativo, citando a Valetsianos, (2010) al referirse a las tecnologías emergentes: "son tecnologías, herramientas, conceptos, innovaciones y avances" Se define intencionalmente tecnologías para incluir no solo herramientas y software, sino también conceptos, como las pedagogías.

Este campo multidisciplinario que presenta el uso de las tecnologías en la educación, conduce a confrontar teorías y modelos de integración tecnológica, aparecen las siguientes teorías: El Constructivismo Social, debe notarse que es una filosofía de aprendizaje y no de enseñanza y sus aportaciones son el compromiso epistémico del aprendizaje como lo identifica Larreamendy-Joerns & Leinhardt (2006), Teoría de la Complejidad o la ciencia de la complejidad, con sus grandes aportes sobre el estudio evolutivo, Teoría del Aprendizaje Efectivo, que resaltan las aportaciones de los genes evolutivos de cultura y tecnología previos, La Heutagógica, Hase & Kenyon (2000). Esta teoría tiene sus raíces en el aprendizaje autodirigido. extiende el control al alumno y ve al alumno como el principal agente de desarrollo y control en su aprendizaje y finalmente al Conectivismo teoría centrada en la red fue desarrollada por primera vez por George Siemens, quien acuñó el término "conectivismo" (2005).

Algunos ejemplos de modelos de integración son los siguientes: el modelo de Conocimiento Pedagógico y de Conocimiento Tecnológico, modelo de Redefinición de Modificación de Aumento de Sustitución, Modelo de Transformación de Amplificación de Reemplazo, Matriz de Integración Tecnológica, Modelo de Aceptación de Tecnología. Cada uno ofrece diferentes oportunidades para comprender e interpretar los esfuerzos de integración de la tecnología.

La arquitectura de hoy está impregnada de tecnologías emergentes que se manifiestan por sus formas antes inimaginables, estas se generan a través de la fusión de los dispositivos digitales, como lo refiere Smartgeometryse desde su visión entre la práctica, la investigación y la academia. “Para las nuevas generaciones de diseñadores, ingenieros y arquitectos, las matemáticas y los algoritmos se están volviendo tan naturales como el lápiz y el papel” (Smartgeometryse, 2018).

Esta velocidad de cambio está presente en muchos espacios, no es la excepción en el ámbito académico, visible en los planes de estudio que deben ir acordes a las necesidades que la sociedad demanda y ser previsores de lo que se necesitará en los próximos años, de allí la importancia de incluir en su currícula el desarrollo de habilidades en el uso de las herramientas digitales, potenciando el desarrollo de competencias sobre todo las informáticas e informacionales, indispensables para un desarrollo laboral en un mercado muy competitivo y marcado por el desarrollo digital.

En la enseñanza de la arquitectura, el componente digital implica varios sentidos que van desde la representación gráfica de la manifestación arquitectónica, hasta complejos medios de evaluación de los posibles componentes elementales de los sistemas arquitectónicos.

El desafío es enorme, debido a que no existe una línea que nos conduzca a un arribo de transformación tecnológica, pues en cuanto logramos dominar una herramienta tecnológica, está a la vista una nueva, entonces el reto no es alcanzar la última tecnología del mercado, la meta es desarrollar la capacidad de adaptarse a los cambios continuos de las tendencias del mercado y las nuevas posibilidades inherentes del medio digital. De allí la importancia en la agilidad y el rápido desarrollo de competencias informáticas e informacionales como un indicador clave de una organización que manifiesta estar preparada para sostenerse a la par de la innovación digital, sobre todo en el campo académico.

Es importante considerar que en la época en la que nos desenvolvemos, desde el ámbito académico ha surgido el interés por identificar y atender las habilidades que el futuro profesional debe de poseer, las cuales van desde el conocimiento básico del uso de las herramientas digitales (programas de cómputo y manejo de datos), hasta su dominio y apropiación creativa. El conjunto de conocimientos, capacidades, destrezas y habilidades en el uso de las tecnologías digitales se

denominan competencias digitales (Zúñiga *et al*, 2016; Valverde-Crespo *et al*, 2018). Las cuales son básicas para muchas de las actividades de la vida común, en esta actualidad y favorecen el desarrollo profesional.

Por lo que surge la necesidad de observar cuál es el nivel de uso de herramientas digitales de las universidades y centros de educación profesional que ofrecen a sus estudiantes para desenvolverse en el ámbito laboral de la arquitectura, sin importar la región.

DESARROLLO DIGITAL

La arquitectura, como expresión del pensamiento se manifiesta con lenguajes acordes a las tendencias tecno-científicas y culturales de nuestra sociedad. Los avances tecnológicos nos conducen a generar un lenguaje altamente tecnificado por el uso de las computadoras, medio propio para articular un discurso de morfologías aún no vistas, posibles, virtuales, líquidas o gaseosas, a manera del sociólogo Bauman (2002).

Hoy la humanidad se ha alejado de la esfera de representación analógica, ahora el espacio de trabajo es el digital, a través de procesos y operaciones binarias, generan datos que pueden ser manipulados una y otra vez, se construye, se deconstruye y se destruye, generando información.

Lo que esencialmente se busca hoy en la arquitectura es la incorporación de soluciones del ciclo de vida de un proyecto, es encontrar formas (diseño) y simular (modelado) el comportamiento de la arquitectura que será edificada, su desempeño ambiental, constructivo y los costos, todo ello a través de la integración algoritmos evolutivos.

Sin embargo, aunque el avance tecnológico en la disciplina del diseño tiene el potencial de mejorar dramáticamente el proyecto y la productividad, la literatura relacionada muestra que existen barreras técnicas y organizativas sustanciales que inhiben la adopción efectiva de estas tecnologías (Guo & Chen, 2008; Johnson & Laepple, 2004; Inchachoto, 2002). Junto con esta línea de pensamiento, la experiencia en la docencia permite corroborar que las herramientas digitales para la arquitectura no están siendo utilizadas plenamente.

A pesar de la abundante disponibilidad de ellas, la innovación digital no ocurre porque se transfieren pocos conocimientos y recursos de un programa a otro y en muchas facultades no hay asignaturas que formen al estudiante en el uso eficiente de los sistemas basados en programación,

como sucede en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

¿QUÉ ES LA INNOVACIÓN DIGITAL EN LA ARQUITECTURA?

La innovación digital en arquitectura se puede definir como el uso de nuevas herramientas digitales y otros procesos de diseño evolutivo relevantes para mejorar el proyecto arquitectónico, la forma de construcción, la sostenibilidad, la prestación de servicios y la productividad.

Los nuevos procesos de diseño se refieren a métodos intervenidos por computadoras utilizando instrumentos de modelado paramétrico, herramientas de simulación de rendimiento de construcción, *scripting* que pueden ser reforzados por los métodos convencionales no paramétricos y otras metodologías relevantes.

Aplicaciones

- 1) diseño arquitectónico mediante la búsqueda de formas, fachadas, fabricación digital, ensamblaje de materiales, optimización de costos,
- 2) sostenibilidad mediante el uso de herramientas de simulación de rendimiento de edificios evaluando eficiencia energética, flujos de aire, iluminación natural, análisis de viento y la implicación del clima en las formas arquitectónicas,
- 3) conceptualización estructural por análisis de elementos finitos para investigar el comportamiento y la estabilidad,
- 4) mejorar la productividad para lograr abatir tiempo y costo.

EVOLUCIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES EN LAS PRÁCTICAS ARQUITECTÓNICAS.

Resaltando las evoluciones en los medios computacionales emergentes que hoy están imperando en el ámbito de la disciplina de la arquitectura tanto en la academia como en los despachos de arquitectura, las herramientas digitales son un instrumento distintivo de modernidad y prestigio, lo que implica que quienes aspiren al ingreso laboral en estos ámbitos deben conocerlas y dominarlas. Lo que lleva a la necesidad de contrastar entre lo que demanda el sector laboral y lo

que ofrece el académico, para delimitar las tendencias en tecnología que ofertan las industrias del desarrollo de *software* y *hardware* del diseño y hacer notar las brechas que se generan con su uso.

El estudio identificó cinco niveles imperantes, pasando de la simple representación digital en el plano o el espacio, a modelos de información de datos del diseño obtenidos gracias a los parámetros definidos en los objetos de diseño (muros, ventanas, entrepisos y otros), que permiten realizar un análisis del edificio como un todo y con ello, permite hacer adaptaciones en el diseño en beneficio de indicadores medio ambientales, económicos, entre otros, hasta llegar a la simulación por medio de programas orientados a eventos.

A continuación, se enumeran los niveles de programas empleados en diseño.

1) Modelado geométrico no paramétrico.

El modelado no paramétrico se puede considerar como herramientas digitales convencionales, fueron los primeros que se usaron en la arquitectura y que actualmente se siguen empleando, los denominados diseño asistido por computadora (CAD), por sus siglas en inglés. Está demostrado que son útiles para detallar y visualizar elementos de diseño y construcción. Se caracterizaron por la creación de capas y el poder de edición, aparecen en los años sesenta con mayor auge en los ochenta con la aparición del *software* AutoCad 2d, cabe señalar que si bien se emplea el termino diseño, no constituyen cognitivamente un objeto de diseño ya que son elementos para mirar en vez de elementos para crear.

Tabla 1

Nivel 1, programas digitales empleados en diseño

Sistemas digitales no paramétricos	Empresa, página web
AutoCad	Autodesk, https://www.autodesk.mx/
Sketch	Trimble, http://buildings.trimble.com/architecture
Maya	Autodesk, https://www.autodesk.mx/products/maya
3D Studio Max	Autodesk, https://www.autodesk.mx/products/3ds-max

Fuente: elaboración propia

2) Modelado paramétrico.

Se considera una innovación pues en él se requiere que se declaren los parámetros de un diseño en particular en lugar de la forma, lo que modificó por completo el tradicional diseño asistido por computadora, que solo reproduce la representación del dibujo, ahora se puede ajustar a las condiciones de diseño, como señala (Shah, 2001) los beneficios de los parámetros son la propagación automática del cambio, la reutilización de la geometría y la incorporación de diseño. Básicamente se requieren de dos pasos para lograr el parametrizar un diseño, a) se crean las topologías de la geométrica del dibujo b) los parámetros asociados a la topología se tienen en una base de datos tan simple con una hoja de Excel (temperatura, altitud, costos, materiales, etcétera), cada vez que se modifica un dato se refleja en la geometría del proyecto por la vinculación que se da entre ellos, estos vínculos conforman en sí el diseño paramétrico.

Tabla 2

Nivel 2, programas digitales empleados en diseño

Sistemas digitales paramétricos	Empresa, página web
Revit	Autodesk, https://www.autodesk.mx/products/revit-family
Rhino-Grasshopper	McNeel & Asociados, http://www.grasshopper3d.com/
Generative Components	Bentley Systems, Incorporated, https://www.bentley.com
Catia	Dassault Systèmes, https://www.3ds.com

Fuente: Elaboración propia

3) Modelado de información para la construcción (BIM)

Es otra forma de modelado paramétrico que simula el proceso de edificación en arquitectura e ingeniería, su diferenciación con el modelo paramétrico anterior es que ahora se vincula con las ingenierías y demás disciplinas que aportan elementos de estudio que impactan en la obra, factores económicos y energéticos, por citar algunos, con la finalidad de obtener el menor número de afectaciones. Es un modelo generado por computadora para simular la planificación, diseño, construcción y operación, así como todas sus instalaciones (Azhar, 2011), su característica es que usa una programación orientada a objetos, éstos poseen parámetros que

proporciona el fabricante, como el efecto térmico del material, el peso, su gradiente de temperatura, etcétera, que hoy intervienen en un proyecto de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), representa un enfoque de colaboración interdisciplinar entre todos los miembros de la industria civil edificada.

Tabla 3

Nivel 3, programas digitales empleados en diseño

Sistemas digitales BIM	Empresa, página web
Tekla	Trimble, https://www.tekla.com
Graphisoft	Nemetschek Group, https://www.graphisoft.es
Allplan	Netmetschek Company, https://www.allplan.com
Trimble	http://www.trimble.com

Fuente: Elaboración propia

4) Modelaje y simulación por rendimiento

El *Building Performance Modeling*, es otra innovación emergente del campo de la arquitectura edificada, se basa en tomar un modelo digital de un proyecto de BIM, para la simulación y análisis del rendimiento del edificio en función de su uso de energía, como principio de diseño evolutivo, es decir que modifica el proyecto con el empleo de los datos obtenidos de la simulación.

Este nuevo tipo de tecnología digital interroga al diseño arquitectónico contra la eficiencia conseguida por los materiales y los sistemas constructivos empleados tomando en cuenta las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) del edificio, que dan como resultado la creación de nuevas formas. Como mencionan (Kolarevic y Malkawi, 2005) el diseño basado en simulación por rendimiento, utiliza tecnologías digitales de técnicas cuantitativas y cualitativas para ofrecer un nuevo enfoque integral para el diseño del entorno construido, enfatizando los factores ambientales, térmicos, climáticos y acústicos.

Tabla 4

Nivel 4, programas digitales empleados en diseño

Sistemas digitales de Simulación	Empresa, página web
por rendimiento	
Radiance	U.S. Department Of Energy, http://radsite.lbl.gov/radiance
Ecotect Analysis	Autodesk, https://www.autodesk.com/ecotect-analysis
AECOSim Energy Simulator	Bentley, https://www.bentley.com/es/products/product-line/building-design-software/aecosim-energy-simulator
TRNSYS	Gestor Energético, https://www.gestor-energetico.com/simulacion-energetica-trnsys/
IES Virtual Environment	ENEOR, http://www.eneor.com/es/recursos-materiales/software-de-simulacion

Fuente: Elaboración propia

5) Scripting

El término *script*, comúnmente utilizado en las artes escénicas, es otra de las innovaciones emergentes que presenta la arquitectura digital, literalmente se trata un guion que indica qué debe hacer un personaje, en la arquitectura este personaje es un elemento del proyecto que será empleado en la construcción, desde el tipo de suelo, la cimentación, hasta el último componente de ornamentación. Es un lenguaje de programación orientado a eventos, es decir acciones o reacciones que tendrán los objetos, similar a C y java. Con el podremos crear líneas programadas de secuencias para predecir el comportamiento de los objetos bajo ciertas sollicitaciones, como afectan los fenómenos climatológicos, sismos, explosiones, concentración de personas, tránsito, abatimiento de puerta y ventanas, solo por enunciar algunos.

Tabla 5

Nivel 5, programas digitales empleados en el diseño

Sistemas digitales Scripting	Empresa, página web
Dynamo Studio	Autodesk, https://www.autodesk.com/dynamo-studio
Grasshopper	Robert McNeel & Associates,
Python	Stephan Deibel, https://www.python.org
Programación C	Dennis Ritchie, http://www.bloodshed.net/dev/

Fuente: Elaboración propia

ARQUITECTURA EN EL MERCADO GLOBAL

La arquitectura es un ejemplo del fenómeno de mercado global que hoy se padece, grandes firmas acaparan el comercio mundial, pues los gobiernos quieren tener obra de marca, sin importar lo que paguen, justificado el gasto público por el simple hecho de poseer una obra de un despacho famoso, asumiendo la obtención de una distinción y sobre todo una manifestación de poder, otro de los fenómenos asociados a la arquitectura como instrumento para ello, estos despachos se caracterizan por el empleo de *software* de alto nivel, los enunciados anteriormente en los niveles 3, 4 y 5, dentro de las oficinas de orden global podemos citar las siguientes:

Tabla 6

Empresas internacionales de arquitectura

Empresa	Sitio web
Gehry Technologies	http://www.gehrytechnologies.com/en/
Zaha Hadid	http://www.zaha-hadid.com/
SHH David Spence, Graham Harris y Neil Hogan, SHH	https://shh.co.uk/
Rogers Stirk Harbor + Partners	https://www.rsh-p.com/
Cooper Cromar	https://www.coopercromar.com/
Feilden Clegg Bradley Studios	https://fcbstudios.com
Keith es socio fundador de Fletcher Priest Architects LLP.	http://www.fletcherpriest.com/#

Nota: El criterio de selección fue en función de los concursos internacionales ganados, el número de empleados y las oficinas instaladas en los diferentes países.

Fuente: Elaboración propia

ASIGNATURAS EN DISEÑO DIGITAL

“En el mundo del arte y el diseño, el discurso ya no se preocupa por la tecnología en sí misma. Más bien, el interés radica en cómo la tecnología se puede aplicar de manera creativa en la interacción entre lo digital y lo analógico, lo natural y lo artificial, lo biológico y lo cultural, lo virtual y lo real.” (escrito en un muro del *New Museum* de Nueva York)

Como se menciona con anterioridad, el uso de la tecnología se constituye como un conocimiento básico en la actualidad, tras la revisión de las herramientas digitales que apoyan el trabajo profesional en el campo de la arquitectura, se observa que la falta de conocimiento en el uso de éstas, nos ubica en desventaja frente a quien las utilizan como apoyo; la brecha digital, es enorme en este sentido.

En la siguiente tabla se muestra un estudio comparado curricular de la oferta académica de la disciplina de arquitectura en la ciudad de Morelia, con la finalidad de contrastar como está siendo tomado en cuenta el uso de herramientas digitales en la formación académica disciplinar. Se hace evidente también el nivel de conocimiento en su uso, sin necesidad de hacer una extensa revisión de los contenidos de las materias.

Tabla 7

Listado de asignaturas digitales impartidas en las facultades de arquitectura en Morelia.

Semestre	Vasco de Quiroga	La Salle	Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Latina de América	Tecnológica de la Construcción	Dicorno (Centro educativo de diseño)	Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
1°		Laboratorio de Análisis Representaci	Introducción a la computación		Software de Ingeniería I	Diseño y Manipulación Digital I	

		ón Digital Básica					
2º	Representación gráfica digital	Laboratorio de Diagramas	Creatividad e Innovación	Inventiva y Creatividad		Diseño y Manipulación Digital II	
3º	Diseño bidimensional asistido por computadora	Dibujo por Computadora	Dibujo Computarizado			Fotografía Digital Diseño y Manipulación Digital III	
4º	Diseño tridimensional asistido por computadora	Modelado Digital	Visualización digital	Dibujo bidimensional en Computadora	Dibujo Asistido por Computadora I	Diseño y Manipulación Digital IV	
5º	Maqueta virtual	Aplicaciones Digitales Avanzadas		Maquetas Virtuales	Dibujo Asistido por Computadora II	Diseño y Manipulación Digital V	
6º				Perspectivas Digitales	Dibujo Asistido por Computadora III	Diseño y Manipulación Digital VI	Sistemas de representación por computadora
7º						Diseño y Manipulación Digital VII	
8º							
9º							Computación

Fuente: Elaboración propia

Es evidente que, en general, hay una preocupación por la integración de herramientas digitales. Las materias parten del nivel más básico, incluso inferior al de una carrera de nivel profesional como lo es la materia de “computación”, conocimiento que en la actualidad puede adquirirse desde niveles educativos básicos e intermedios. Impera el uso de software de nivel 1, en materias como “Sistemas de representación por computadora”, “Representación gráfica digital”, “Diseño bidimensional asistido por computadora”, “Dibujo por Computadora”, hasta “Diseño tridimensional asistido por computadora” o “Maquetas Virtuales”. Existen también materias que se acercan al uso de *software* de nivel 2 por el flujo de información que manejan como “Laboratorio de Diagramas”, “Laboratorio de Análisis”, “Software de Ingeniería”, así también como “Aplicaciones Digitales Avanzadas” o “Diseño y Manipulación Digital”.

La currícula de las diferentes opciones de formación profesional, parecen centrarse más en la educación para visualizar y crear a nivel muy básico, donde el gusto estético o los elementos de diseño pueden ser probados con facilidad, pero alejados de la realidad, frente a herramientas que permiten poner a prueba los proyectos arquitectónicos antes de ser consolidados en el mundo real, previendo las posibles condiciones ambientales y de uso, con la finalidad de resolver las posibles contingencias aún antes de comenzar la construcción.

Esta situación deja entrever que, los jóvenes egresados de estas carreras tendrán la posibilidad de proyectar y visualizar de manera digital sus proyectos arquitectónicos, utilizar sus propiedades para modificar visualmente los diseños, pero quedarán limitados a ello.

CONCLUSIONES

De manera general puede observarse que el uso de herramientas digitales asociadas a la arquitectura se mantiene en niveles de muy elementales a básicos, las universidades y los centros de estudios profesionales pretenden formar a profesionistas para el mundo laboral actual, este mundo actual, globalizado y altamente digital, poniéndolos en desventaja para participar en espacios más allá de las fronteras territoriales.

Aunque la tecnología se encuentra en una constante evolución y conocer un software no garantiza el conocimiento de todos los demás, se trata de que se fomente el conocimiento de competencias clave en el uso de los medios digitales. Ya que los procesos de diseño no se dan por el simple uso

de una computadora, estas operaciones de proyectos son algo más que habilidades computacionales, sobre todo, decisiones conscientes de un racionalismo contemporáneo, con componentes de azar, amparadas en la experimentación en las formas de combinar realidad constructiva y fantasía proyectual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. En *Leadership and Management in Engineering*, 11(3).
- Guo, X., y Chen, L. (2008). A variable round mechanism for routing protocols based on LEACH. (2008) En *2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, WiCOM. Recuperado en <https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.907>
- Inchachoto, S. (2002). *Technological Innovation in Architecture: Effective Practices for Energy Efficient Implementation*. Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Jane Burry, Shane Burger. (2017). Diseño Arquitectónico Con Herramientas Computacionales. 22/06/2018, de Smartgeometry. Recuperado de <https://www.smartgeometry.org/about>
- Johnson, R., & Laepple, E. (2004). Digital Innovation and Organizational Change in Design Practice. En *ACADIA22: Connecting Crossroads of Digital Discourse*.
- Kolarevic, B., & Malkawi, A. (2005). Performative Architecture: Beyond Instrumentality. En *Journal of Architectural Education* (Vol. 60). Recuperado de https://doi.org/10.1111/j.1531-314X.2006.00068_1.x
- Zúñiga, J.; Lobato, J. & Navarro, R. (2016) Competencias digitales y educación superior. En *Revista de transformación educativa. Número especial "Educación mediada por Tecnología: alternativas digitales y virtuales"*. Recuperado de <https://rete.mx/index.php/8-numero-tematico-educacion-mediada-por-tecnologia/7-competencias-digitales-y-educacion-superior>
- Shah, J. J. (2001). Designing with parametric CAD: Classification and comparison of construction techniques. En *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 75, pp. 53–68).

Valverde-Crespo, D.; de Pro-Bueno, A. y González-Sánchez, J. (2018) La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: una revisión teórica. En *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (2), 2105.

Veletsianos, G. (2012). Higher education scholars' participation and practices on Twitter. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28 (4), 336–49

Zygmunt Bauman (2002) *La modernidad líquida*. México: FCE.