



# Avances y problemáticas de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza de la arquitectura

## *Development and problems of Information and Communications Technologies (ICT) in architectural education*

Jorge F. Cervantes Borja<sup>1</sup>  
Centro de Investigaciones en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje-FA  
Universidad Nacional Autónoma de México  
jfcatt125@gmail.com

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN TEMÁTICO

### Resumen

Los campos académico y profesional de la arquitectura son presionados por los cambios de la revolución postindustrial, hoy liderada por el dominio de la informática, que ha penetrado y cambiado el contexto de los modos y las formas de diseñar, proyectar, construir, operar y salvaguardar edificaciones y ciudades. Por esta situación, nos encontramos con países que dan inicio a los ejercicios de la arquitectura postindustrial con base en el uso intensivo de la informática y que contrastan con aquellos que perviven en la etapa de la preindustrialización –los que aún operan con mucha participación del trabajo mecánico humano, en el que el proyecto es más producto de la chispa y la mano del maestro que trabaja aún con las reminiscencias del taller artístico y sus operarios. Se utiliza, como ejemplo de esta situación, la pobre cultura informática entre los alumnos de los últimos semestres de la carrera de arquitectura, la cual fue evaluada mediante una encuesta realizada en 2015.

**Palabras clave:** arquitectura postindustrial, tecnologías de información y comunicación (TIC), modelo de información para la construcción (BIM), cultura informática, enseñanza de la arquitectura

Fecha de recepción: 27 de diciembre de 2016  
Fecha de aceptación: 3 de febrero de 2017

<sup>1</sup> Se agradece la colaboración en la preparación y aplicación de la Encuesta SIMMUV a las becarias del programa PAPIIT 1N404114 DGAPA-UNAM: Claudia Angélica Orihuela Martínez, pasante de la licenciatura en arquitectura; Alethia Amaya, pasante de la licenciatura en psicología, y Elvia María Castillo Hernández, licenciada en construcción y administración de obra pública social.

**Abstract**

*The architectural academic and professional fields are being challenged by post-industrial revolution changes, nowadays led by the mastery of information technology, which has penetrated and transformed the ways of designing, building, operating, and safeguarding buildings and cities. Consequently, we find countries that develop a post-industrial architecture based on the intensive use of information technology in contrast with those that mainly operate with relevant mechanical human work. In this sense, the project is rather produced by the spark and hand of the teacher, who still works with what is left of an artistic workshop and its operators. As an example of this, the following article evaluates the limited computer culture among the students of architecture through a 2015 survey on the last semesters as undergraduate bachelors.*

**Keywords:** *post-industrial architecture, information and communication technologies (ICT), building information modeling (BIM), informatics culture, teaching of architecture*

**Introducción**

En su libro *La tercera ola*, publicado en 1997, Alvin Toffler vislumbró un futuro de mucha incertidumbre cuando describió los cambios que sucederían en las sociedades avanzadas postindustriales. A lo largo de estos primeros años del siglo XXI continúa la sucesión de avances científicos y tecnológicos, mismos que, por su rapidez, dejan en las sociedades una percepción de cotidianidad que causa más indiferencia que azoro, lo que, a su vez, las hace poco reflexivas y conscientes de lo que sucede en el planeta. Así, sólo para los países que llegaron a esa tercera revolución desde mediados del siglo pasado, como Estados Unidos, Reino Unido, Alemania o Japón, el desencanto viene con los miles de empleos que se han sustituido gracias a los progresos de la informática, la automatización y la robotización, y que han provocado cambios y ajustes importantes en los modos de producción y operación de las actividades económicas.

Los avances científicos han impulsado la transformación de los procesos de producción para hacerlos más eficientes y competitivos desde los ámbitos locales hasta una escala mundial. Se ha llegado así a la plenitud de la automatización industrial, conformada por los sistemas informáticos capaces de ejecutar acciones de análisis, organización y control, con el objetivo de optimizar los recursos de la producción, al racionalizar las materias primas y los insumos, así como el consumo energético, y mejorar del control de calidad de los productos.

En este contexto, los campos académico y profesional de la arquitectura son también presionados por los cambios que esta revolución postindustrial, liderada por el dominio de la informática, ha provocado y que cambia los modos y las formas de diseñar, proyectar, construir, operar y salvaguardar edificaciones y ciudades. Por esa situación, nos encontramos con países que operan diferentes ejercicios de arquitectura postindustrial, los cuales ya hacen uso intensivo de la informática y, por ello, contrastan notablemente con los que permanecen incluso en la etapa de la preindustrialización, caracterizada por una extensa participación humana, en la que el proyecto se trabaja con reminiscencias del taller artístico, llevado por las ideas que lidera un maestro y que ejecutan sus operarios.

Desde la llegada de la revolución tecnológica e industrial, en la arquitectura se desarrolló una mayor racionalidad metodológica que vino a resultar en el movimiento de la arquitectura moderna del siglo pasado. Ésta incorporó, con gran profusión, el tipo de proyecto utilizado por la ingeniería para desarrollar objetos técnicos, como *l'object-type* de Le Corbusier.<sup>2</sup>

No obstante, después de las duras críticas al racionalismo del movimiento moderno de mediados del siglo xx, sólo los grandes despachos involucrados directamente con la construcción trabajan con métodos de producción industrial y muy pocos lo hacen con sistemas de alta racionalidad y eficiencia, como los procesos y las prácticas del taylorismo o del modelo Toyota,<sup>3</sup> que pretende:

- El uso eficiente de recursos con cero desperdicio.
- El trabajo de equipo integrado y coordinado.
- La comunicación total y efectiva.
- La mejora continua del proceso de trabajo.

### Objetivos y desarrollo

Al considerar el desarrollo científico y tecnológico que se maneja en el mundo actual y la fuerza con la que los medios informáticos lo ponen al alcance del gran público, mediante las llamadas tecnologías de información y comunicación (TIC), este trabajo cumple dos objetivos: el primero se relaciona con un análisis crítico de la situación por la que pasa el desenvolvimiento del campo de la arquitectura, que incorpora

2 Principios de Le Corbusier, revista *ARQHYS.com*. Recuperado en Diciembre 2016. <http://www.arqhys.com/articulos/lecorbusier-principiuos.html>.

3 Néstor Zamarripa Belmares. *Sistema de producción Toyota*, 2008. Recuperado en Septiembre, 2016. <http://www.gestiopolis.com/sistema-produccion-toyota/%5D>.

a cuentagotas la revolución informática, y, el segundo, busca medir el nivel de la cultura informática que presentan los alumnos de los cuatro últimos semestres de la carrera de arquitectura en la Facultad de Arquitectura de la UNAM (FA-UNAM). Ambos objetivos cumplen con la cuestión: ¿con cuánta y de qué tipo es la fortaleza informática de los alumnos de arquitectura de la FA-UNAM para enfrentar con éxito el campo profesional?

Con la llegada de la informática se da en la arquitectura la sustitución del paradigma mecánico, consagrado por el movimiento moderno, por el de los modelos informáticos orientados a la eficiencia sustentable y el ahorro energético, en los que la producción y gestión sistémica tienen un papel prioritario en la génesis del proyecto. El mismo Louis Kahn argumentó, en relación con las improntas tecnológicas, que:

[...] somos muy optimistas. Estandarización, prefabricación, experimentos y especializaciones no son monstruos a evitar por la sensibilidad del artista. Son los modernos mecanismos para controlar las vastas potencialidades de los materiales para la vida por parte de la química, la física, la ingeniería y los sistemas productivos, que proveen al artista del conocimiento necesario para erradicar sus miedos, ampliar su instinto creativo y guiarlo hacia terrenos desconocidos. Así, su trabajo estará en concordancia con su tiempo y proveerá de deleite y servicios a sus contemporáneos.

De acuerdo con esta consideración, no sería raro que en este tiempo Kahn siguiera con interés el desarrollo y las aplicaciones de los sistemas CAD y BIM en la arquitectura.<sup>4</sup>

No obstante, toda esta impronta de los productos tecnológicos informáticos y de cómputo, la cual se ha dado desde mediados del siglo xx, no se ha incorporado fácilmente en el quehacer de los campos profesional y académico de la arquitectura. Como ejemplo se tiene el comentario de Carlos Chanfón respecto a la tecnología: "Autores como Reyner Banham se preguntan si lo que en esa época se entendía como arquitectura y lo que se empezaba a conocer como tecnología eran disciplinas incompatibles". Él mismo abunda en este concepto:

4 Louis Kahn, "Monumentalidad" (conferencia publicada en *Writting, Lectures, Interviews*, 1944 [Trad. A. Rigotti]. "En la segunda era de la máquina", *Reformulaciones*, 1991). Recuperado en Noviembre, 2016. <http://louiskahn.es/Conferencias.html>.

El arquitecto que se propone seguir la marcha de la tecnología sabe ahora que tendrá una compañera rápida y que, si desea mantenerse junto a ella, si no quiere quedar atrás, deberá emular a los futuristas y dejar de lado toda su carga cultural, incluyendo las vestiduras profesionales mediante las cuales todo el mundo lo reconoce como arquitecto. En cambio, si decide no hacerlo, quizá descubra que la cultura tecnológica ha decidido seguir adelante sin él.

Este comentario profético se empezó a convertir en realidad desde finales de los años ochenta del siglo pasado, cuando Walter A. Taylor, arquitecto estadounidense de la Universidad Cornell, citado por Bolaños,<sup>5</sup> puntualizó lo siguiente:

[...] en beneficio del tiempo dedicado al diseño, el uso de las computadoras sería muy benéfico, dado que el esfuerzo dedicado al dibujo de gráficos y mucho del tiempo dedicado a tratar de hacer de los "arquitectos-artistas", debería cambiar... Esta nueva generación sería entrenada para dominar varios medios de estudio y de comunicación en una época futura, en la que el dominio artístico y tradicional de los medios de representación sería irrelevante.

Es decir, con ello marcó el hecho tendencial que actualmente muestra el campo profesional de la arquitectura: la realidad de que, en este siglo, el profesional de la arquitectura dependerá cada vez más de sus "capacidades mentales y de dominio científico y tecnológico" que de sus habilidades artísticas.

Según esta condición, en la actividad productiva del quehacer profesional de los arquitectos las innovaciones tecnológicas se han extendido y formalizado, desde los procesos creativos y de planeación hasta los de producción, gestión y administración de obras, llevados primero con el control de arquitectos muy capacitados, pero que hoy, y cada vez con mayor frecuencia, utilizan modelos de producción robotizados, muy apoyados en los avances de los sistemas de inteligencia artificial y realidad virtual, los cuales pueden, con mayor eficiencia, autocontrolar procesos y sistemas de producción industrial total.

Estas nuevas aplicaciones metodológicas y técnicas de apoyo a los proyectos rebasan con creces las del proceso inicial denominado *di-*

5 Ronan Bolaños, "La evolución de la práctica: inicios de la incorporación digital en el siglo xx, en *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicano*, vol. IV, *El siglo xx*, t. 2, *En la antesala del tercer milenio*, coord. Carlos Chanfón Olmos, Lourdes Cruz González Franco coord. del tomo (México: Facultad de Arquitectura de la UNAM/Fondo de Cultura Económica, 2015).

*seño asistido por computadora, o computer aid design (CAD), que ya luce primitivo y ha sido rebasado por herramientas que, sin duda, desde mediados de los años ochenta del siglo xx, han transformado el proceso tradicional del arte y la práctica del diseño arquitectónico y urbano en nuestro país. En esa época, los programas más utilizados fueron AutoCAD, Microstation y Archicad, que seguiría innovando como un sistema constructivo virtual, el cual evolucionó en 1992 a uno de “modelado de información para la edificación”.*<sup>6</sup>

Con las necesidades operativas del campo profesional para hacer del proyecto un diseño eficiente, dinámico y con mayores recursos para manejar la perspectiva, medios como el uso de tres dimensiones (3D) y su experimentación objetiva generada por realidad virtual permitieron un diseño más sistémico, capaz de enlazar el manejo integrado de todo el proceso de producción arquitectónica. Es decir, contar con un medio funcional, con posibilidades de incorporar la programación constructiva y la gestión de recursos y costos. Todo ello fue coordinado por un proceso de comando-control de análisis-síntesis, con realización creativa y, sin perder objetividad, por su capacidad de poderse evaluar. Estas necesidades trajeron un *modelo de información para la construcción, o building information modeling (BIM)*, para llevar a cabo la práctica profesional de la arquitectura. Así, la producción arquitectónica y también la urbana se han beneficiado al contar con proyectos que se diseñan y construyen más rápido, con mucha eficiencia en el coste y manejo de los recursos de producción, lo que deja cada vez menos tiempos perdidos, ahorros en materiales y mayor seguridad en el manejo de las estructuras funcionales y operativas.

Por las ventajas que ofrecen estas prácticas modernas en la construcción, se deben incorporar rápidamente en los terrenos de la academia y la enseñanza, mismas que no pueden ignorar estos avances y que deberían propiciar la entrada intensiva del mundo informático en sus programas de estudio y talleres, con el fin de apoyar el crecimiento y desarrollo de sus aplicaciones. Con ello se alcanza el mejoramiento de la enseñanza en los procesos de proyectos y procesos constructivos, uso de nuevos materiales, inteligencia artificial, domótica, robótica, estructuras, gestión y operación sustentables, etcétera.

### **La educación**

La enseñanza de la arquitectura utilizando la informática y su tecnología se mueve muy lentamente, lo que abre una brecha aún superficial

<sup>6</sup> Ronan Bolaños, “La evolución de la práctica...”, 243. Hoy conocido como BIM (*building modeling system*), concepto de la empresa húngara Graphisoft.

en la barrera del *statu quo* académico, que la considera peligrosa para su actividad, atada a fuertes raíces tradicionales. Ello impide aceptar la necesidad de transformarse y evolucionar de acuerdo con las condiciones que imponen los avances científicos y tecnológicos, que, a su vez, hacen cada vez más obsoletas las formas de enseñanza del canon arquitectónico. Por ello se afecta a los estudiantes y jóvenes profesionales, quienes egresan de las escuelas y se incorporan al mundo del trabajo profesional con herramientas, conceptos y métodos atrasados que les impiden desarrollar a plenitud sus facultades creativas. Sólo logran sobrevivir aquellos más avezados, que se prepararon, al menos, con AutoCAD y que trabajan hoy como lo hicieran los dibujantes tradicionales de antaño, sólo que han sustituido el lápiz por el ratón; es decir, utilizan únicamente el dibujo automatizado. Ellos son, no obstante, los actuales beneficiarios de las TIC, porque se mantienen más activos en la búsqueda y el uso de innovaciones en la tecnología, y se interesan por el mejoramiento de su circunstancia, y, generalmente, aprenden por su cuenta los elementos y medios que, de manera formal, les debería enseñar la escuela profesionalizante.

Son complejas las consecuencias que esta situación provoca en los campos profesional y de la enseñanza. Muchos autores extranjeros ya la evidencian como una encrucijada que la arquitectura (y cómo se enseña) tiene que resolver, para no contribuir más a la preparación de un ejército de trabajo que tiene pocas probabilidades de ejercer su profesión con éxito, por lo menos de la forma como se le instruyó para hacerlo.

Estamos asistiendo desde hace años a un progresivo y terrible deterioro de la profesión del arquitecto, que no trasluce a la opinión pública, porque la profesión carece de voz. Ni los colegios profesionales territoriales ni el propio Consejo Superior de Arquitectos de España están cumpliendo su misión de trasladar a la opinión pública la situación real de nuestra profesión, que es ya insostenible.<sup>7</sup>

Los mismos conflictos y quejas se presentan en nuestro país; como ejemplo se tienen las aseveraciones de Antonio Terán, quien, respecto a la formación del arquitecto, expresó en el Seminario Nacional de Teoría de la Arquitectura que:

<sup>7</sup> *Arquitectura y Empresa*. Recuperado Noviembre 2, 2016. <http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/la-profesion-de-arquitecto-en-la-encrucijada>.

[...] la enseñanza de la arquitectura, en la mayoría de las instituciones, no es integral, habiendo [*sic*] una falta de vinculación entre los diversos cursos (teóricos, técnicos, humanísticos, históricos y urbanos, así como su aplicación y vínculo con el proyecto o diseño). Así se presenta un divorcio entre el diseño, con el cálculo estructural, instalaciones y organización de obras, y de estos cursos con el de materiales y sistemas constructivos, o la falta de relación entre la teoría y la historia de la arquitectura y el urbanismo... Los cursos, al dictarse o "prepararse" sin vincularlos con aquellos que son clave en la formación del arquitecto (diseño, proyectos o composición), y al no enfocarlos en la utilidad e importancia que tienen en el quehacer profesional, han sido considerados, tanto por escuelas o facultades de arquitectura como por los profesores que los imparten, como "materias extras", optativas, "de información cultural", así como de cumplimiento de un requisito solicitado por la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública para tener el número de créditos estipulados para la licenciatura, y clasificados por los alumnos como cursos de relleno e inútiles, siendo todo lo contrario.<sup>8</sup>

Por lo tanto, la arquitectura de hoy debe ocuparse de usar más herramientas y métodos científicos y tecnológicos, que le exigen abrir espacios de la manera como Weber lo planteó:

[como] racionalización, que significa en primer lugar la ampliación de los ámbitos sociales que quedan sometidos a los criterios de decisión racional; en segundo lugar, la industrialización del trabajo social, con la consecuencia de que los criterios de la acción instrumental penetran también en otros ámbitos de la vida... (urbanización de las formas de existencia, tecnificación del tráfico social y de la comunicación).<sup>9</sup>

En ambos casos es una racionalidad orientada por sus fines, para los que se escogen posibilidades y medios alternativos, que, bien utilizados, debieran tener siempre una proyección de largo plazo hacia el futuro. En este sentido se cuestionan teóricamente las metodologías

8 J.A. Terán Bonilla, *Apuntes Seminario Nacional de Teoría de la Arquitectura*, 3-4. Recuperado Septiembre 3, 2016. [www.rafaellopezrangel.com/.../Design/archivos%20texto/05-Antonio%20Teran.doc](http://www.rafaellopezrangel.com/.../Design/archivos%20texto/05-Antonio%20Teran.doc).

9 Citado en Jünger Habermas, *Ciencia y técnica como ideología*. Trad. Manuel Jiménez Redondo (Madrid: Tecnos, 1986), 53. Tomado de Archivo Chile, Centro de Estudios "Miguel Enríquez, CEME": <http://www.archivochile.com>



del trabajo arquitectónico, con posiciones que pueden ubicarse en los extremos de la *poiesis* y la *mimesis*.

La arquitectura recoge de la *mimesis* su pragmatismo para tomar utilidad de la naturaleza, la cual constituye su primer ámbito o hábitat fundamental, del que ha obtenido conocimientos válidos para su propio ámbito de aplicaciones teóricas y prácticas, sea como instrumento de análisis, interpretación y comprensión de su saber del hábitat, sea como instrumento básico de su invención. Para Grillo Antonio, “se trata de una perspectiva característica de la mentalidad científico-ilustrada, en la que la naturaleza es objeto de una mirada investigadora, científica, objetiva, adjetivos que bien podrían compartir la denominación de esta *mimesis*”.<sup>10</sup> Estas apreciaciones se denotan en el desarrollo de las características más objetivas y prácticas de la arquitectura por lograr edificaciones firmes y útiles, mayormente ahora que el tiempo y la sustentabilidad presionan para que éstas se realicen rápidamente y dentro de parámetros que, como la huella ecológica, tienden a evitar despilfarros y afectaciones en el ambiente y los recursos, pero además, de manera fundamental, al crear espacios habitables y seguros.

Hasta hoy, la racionalidad mimética no ha entrado plenamente en la enseñanza de la arquitectura nacional y muchas de sus escuelas se fundamentan y fomentan casi exclusivamente la poética creadora del objeto artístico, y dejan en segundo plano la fundamentación del objeto técnico. Este aspecto evidencia que en la enseñanza de la arquitectura hay poca institucionalización y aprecio por el progreso científico y técnico. Mantener tal actitud ha causado el atraso evolutivo de la disciplina, porque sus programas de estudio se han negado a evolucionar y siguen fuertemente anclados en las estructuras de enseñanza-aprendizaje que dieron luces en nuestro país a la arquitectura del siglo xx y que resultan ineficientes frente a los requerimientos del siglo xxi. Son instituciones que hasta ahora manifiestan poca capacidad e interés en reorientar sus objetivos, metas y métodos, para potenciarlos hacia el mundo que, sin duda, intensificará cada vez más el uso de las TIC, mismas que requieren formas y medios tecnológicos informáticos innovadores para la arquitectura en la que vivirán las generaciones posmilenio.

Realizar tales cambios no implica el desconocimiento del pasado ni rupturas abruptas con él, pero, en la medida que se deje crecer la brecha del vacío tecnológico, indudablemente las necesidades de transformación implicarán rupturas violentas. Por eso, se está a tiempo de

<sup>10</sup> Carlos Grillo Antonio, “La mimesis de la naturaleza en arquitectura”, *Cadernos de Arquitectura e Urbanismo* 14-15 (2007): 58-62.

conciliar las formas del hacer creativo con la producción racionalizada, cuyo uso de tecnologías pasa también por los lugares de la emoción y la vivencia de experiencias sensibles, siempre presentes en las expresiones formales del diseño proyectado, sea éste material, inmaterial, virtual, ficcional, experiencial, conceptual o puramente tecnológico. Porque, en esto:

[...] la poiesis hace posible la convergencia entre la sensibilidad y la técnica (hoy día tecnología), uniendo elementos que, además de implicar una calidad en el campo de las sensaciones, posibilitan una ampliación de la cognición; signando así las obras más audaces, en las que además se produce conocimiento que amplía las fronteras..., con la producción de mundos posibles, de emergencia de ideas que conjuran el tiempo y avizoran paradojas o posibilidades, permitiendo que habitemos entornos hasta ahora considerados imposibles".<sup>11</sup>

Por lo tanto, las potencialidades de la técnica no sólo no impiden, sino que además favorecen y potencian las experiencias que conlleva la creación con percepciones que amplían la creatividad y visiones del mundo del siglo XXI.

Además, no debe olvidarse que en el mundo globalizado de hoy son muy ciertos los conceptos que Marcuse, citado por Habermas,<sup>12</sup> había indicado respecto a que:

[...] el concepto de razón técnica es quizá él mismo ideología. No sólo su aplicación, sino que ya la técnica misma es dominio sobre la naturaleza y los hombres: un dominio metódico, científico, calculado y calculante. No es que determinados fines e intereses de dominio sólo se advengan a la técnica *a posteriori* y desde fuera, sino que entran ya en la construcción del mismo aparato técnico. La técnica es en cada caso un proyecto histórico-social; en él se proyecta lo que una sociedad y los intereses en ella dominantes tienen el propósito de hacer con los hombres y con las cosas. Un tal propósito de dominio es material, y en este sentido pertenece a la forma misma de la razón técnica.

<sup>11</sup> I. Hernández García, "La creación artística y su relación con la investigación y la innovación" (XII congreso La Investigación en la Pontificia Universidad Javeriana, 2013). <http://www.javeriana.edu.co/congresodeinvestigacion2013>.

<sup>12</sup> Jünger Habermas, *Ciencia y técnica como ideología*, 55.

Con esto se define que la ciencia y la técnica son el binomio que dirige la sociedad de nuestros días; no se puede pensar un país que quiera y pueda avanzar hacia el desarrollo total careciendo de bases científicas sólidas. En México, a menudo se ha puesto como justificación y reclamo de nuestro subdesarrollo la poca inversión en investigación científica. Comparativamente, se ha tomado el porcentaje del PIB que los gobiernos destinan para fomentar el desarrollo científico y que éste, a su vez, se vea también reflejado como un indicador adecuado del grado de desarrollo alcanzado.

De acuerdo con este concepto, en 2013 los países de la OCDE destinaron en promedio 2.4% de su PIB al desarrollo científico; de ellos, Israel destinó el mayor porcentaje, con 4.21%; Corea, 4.19, y Japón, 3.49; México ocupó un lugar muy abajo, con sólo 0.43% de su PIB.<sup>13</sup> Es así como el bajísimo progreso científico y técnico institucionalizado legitima, en gran medida, nuestra pobre intervención como actores importantes en el mundo del desarrollo globalizado, en el que tenemos sólo un papel de consumidores pasivos de tecnología. Esta situación se comprueba con el hecho de que, para el periodo 2005-2015, sólo se contaba en el país con 313 investigadores de tiempo completo por cada millón de habitantes, mientras que en Estados Unidos, para el mismo periodo, la cifra fue de 4 019 y en Inglaterra de 4 200 (7.78 y 7.43%, respectivamente).<sup>14</sup> Asimismo, para 2014 únicamente se registró un total de 110 525 marcas comerciales, lo que representó 2.26% de un registro mundial de 4 886 846, es decir, tenemos una gran carencia en cuanto a actividades científicas y tecnológicas que deberemos atender y solventar con prioridad, dado que ésta será nuestra única salida al desarrollo, porque “la racionalización es la única forma de organizar las fuerzas productivas, de una manera técnicamente necesaria para eficientar la consecución del desarrollo”.<sup>15</sup>

De forma paradójica, como ya Marcuse lo había previsto,<sup>16</sup> hay el “sometimiento de los individuos al inmenso aparato de producción y distribución, en la desprivatización del tiempo libre, en la casi irresoluble fusión del trabajo social productivo y destructivo”, aunque esta noción de sometimiento desaparece con el discurso de la liberalización, que apela a la creciente productividad y dominación de la naturaleza a fin de conseguir un desarrollo pleno.

13 Banco Mundial, *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)*, Recuperado en Septiembre, 2016. <http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.

14 Banco Mundial, *Gasto en investigación y desarrollo...*

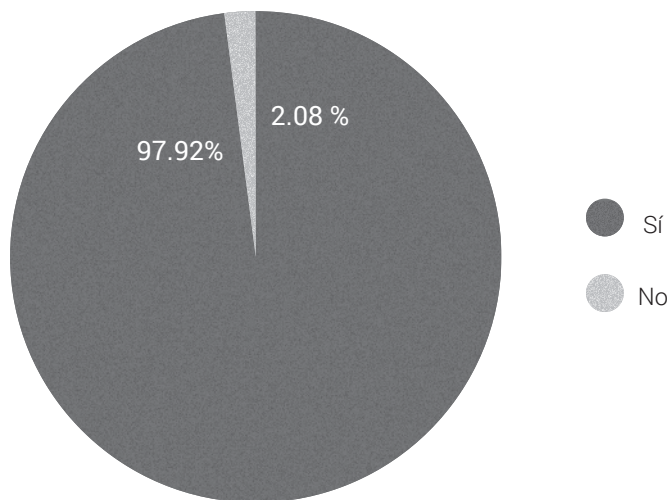
15 Jünger Habermas, *Ciencia y técnica como ideología*, 56.

16 Citado en Jünger Habermas, *Ciencia y técnica como ideología*.

Con esta premisa, se acepta que la educación hoy debe incluir un gran apoyo en sistemas pedagógicos y didácticos basados en las nuevas TIC. En este contexto surgen nuevas herramientas y medios para resolver, de una manera altamente racionalizada y por lo tanto controlada, las actividades de la arquitectura que implican el proyecto, la gestión, la construcción y la operación, e incluso se incorpora algo que resulta novedoso, la demolición, última actividad con la que se cumple el “ciclo de vida” al que alude la arquitectura sustentable.

Las nuevas generaciones, después de los *millennials*, ya son nativos digitales y usuarios habituales de las TIC. Desde la iniciación básica y media han manipulado y utilizado diversos tipos de aparatos digitales y de computo que les facilitan el acceso a la capacitación y educación formales. Día con día avanzan con el apoyo digital informático, el cual transforma y sustituye las formas tradicionales que se siguen utilizando por reactividad cultural, baja capacidad económica y mínimo avance en el armado de una tecnología informática propia. Sin embargo, es el desarrollo constante de las tecnologías digitales lo que permite avances, tal vez demasiado lentos, pero avances al fin, hacia nuevas formas de acceso, procesamiento, comunicación y presentación de la información. Esto fuerza las reticencias, que esperamos sean cada vez menos, por el bien de los procesos de enseñanza que requieren modernizarse para incrementar las habilidades y capacidades de los estudiantes para investigar, gestionar y producir todo tipo de datos en entornos digitales informáticos.

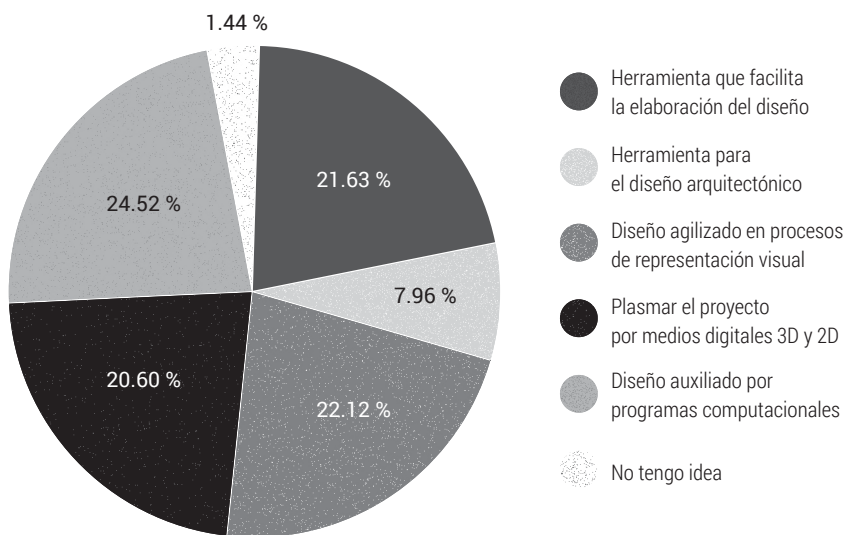
¿Utilizas computadora para tus actividades de diseño arquitectónico urbano?



Encuesta Piloto de Cultura Digital, Laboratorio de Sistemas de Información Monitoreo y Modelación Urbana y de Vivienda (SIMMUV-CIAUP UNAM, 2015).

Estas habilidades a menudo se conocen como “alfabetización digital” y se ha demostrado que con el uso de las TIC, y una estrategia pedagógica adecuada, que mezcle sistemas de visualización y modelado 3D con la imagen digital en un entorno multiusuario, multimedia y de participación *online*, se obtienen en muy poco tiempo mejoras sustanciales en el rendimiento y las capacidades de comprensión geométrica espacial para el manejo de las herramientas gráficas digitales de los alumnos.<sup>17</sup> Asimismo, el uso razonado de las TIC induce el desarrollo de competencias de análisis, síntesis y evaluación para resolver problemas. Con ello se fortalece la creatividad del conocimiento y la apropiación del mismo.<sup>18</sup> En el caso del campo del diseño se aprecia una mejora de las capacidades espaciales y de expresión gráfica de los alumnos. Un estudio sobre desigualdad digital y su relación con el rendimiento académico, llevado a cabo entre alumnos universitarios de países desarrollados, demostró que los estudiantes con más competencias digitales logran mejores beneficios académicos.

¿Qué es para ti el diseño asistido por computadora?



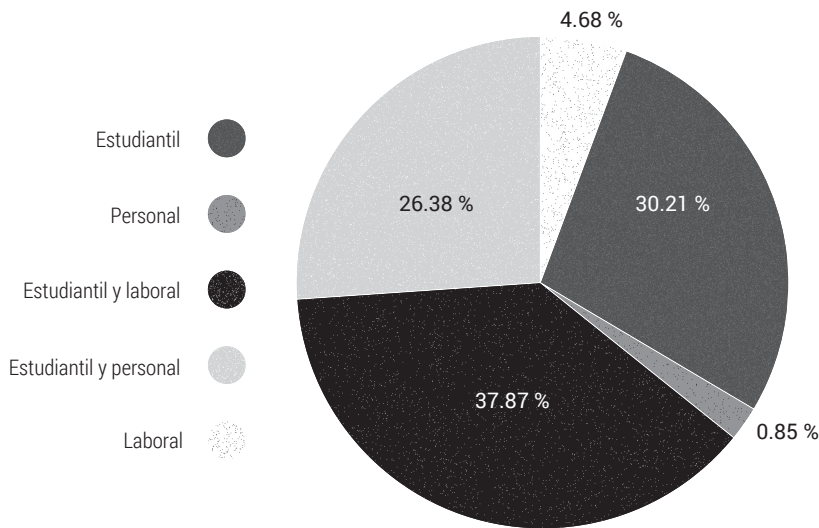
Encuesta Piloto de Cultura Digital, Laboratorio de Sistemas de Información Monitoreo y Modelación Urbana y de Vivienda (SIMMUV-CIAUP UNAM, 2015).

- 17 E. Redondo Fonseca *et al.*, "Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso", *Arquitectura* 8 (2012), 76-87. <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/viewFile/arq.2012.81.08/882>.
- 18 C. A. Arrieta y V. D. Montes, "Alfabetización digital: uso de las TICs más allá de una formación instrumental y una buena infraestructura", *Rev. Colombiana Ciencias Anim.* 3 (2011): 182-186.

Como lo describe Eshet-Alkalai,<sup>19</sup> se puede citar una descripción detallada de las principales habilidades cognitivas, que van desde la motriz hasta la sociológica y emocional. En este ámbito, algunas de las tareas requeridas incluyen poder interactuar con diferentes pantallas e interfaces de usuario, utilizar reproducciones digitales o navegación hipertextual para obtener un mejor dominio y experiencia con los programas de *software*.

Para el caso de los estudiantes de arquitectura, el uso de estas herramientas potencia la comprensión volumétrica de las formas, agudiza la percepción espacial de los modelos virtuales y facilita el desarrollo de la creatividad unida al pensamiento crítico. Así pues, el medio informático digital es hoy el medio más adecuado para propiciar el conocimiento y la enseñanza de la arquitectura, sobre todo si el sistema facilita la manipulación de los objetos virtuales y los muestra con apariencia corpórea y no abstracta.

¿En qué área has aplicado el diseño asistido por computadora?



Encuesta Piloto de Cultura Digital, Laboratorio de Sistemas de Información Monitoreo y Modelación Urbana y de Vivienda (SIMMUV-CIAUP UNAM, 2015).

<sup>19</sup> Y. Eshet-Alkalai, "Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era", *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia* 13 (2004): 99-100.

Ante tal conclusión, los resultados de la evaluación a estudiantes de arquitectura de la FA-UNAM indican que el uso de la computadora y de los *softwares* más populares en el campo profesional es muy común entre la población muestreada. No obstante, pocos conocen a fondo los programas y su uso se limita a las tareas más simples, que se refieren básicamente a la representación de los objetos y menos a su utilización en procesamientos de información más complejos; de hecho, sólo 47.1% de los entrevistados definió con mayor aproximación lo que era el diseño asistido por computadora y, por consecuencia, conocía un poco más del manejo de comandos, mientras que la mayoría sólo se refería a la manipulación de teclas. De ello se tiene que casi la mitad de los alumnos encuestados utiliza de una manera más intensiva y adecuada el CAD; el resto lo hace de manera parcial y sin un seguimiento o aprovechamiento sistemático y metodológico de las herramientas de cómputo para el diseño. La encuesta mostró que hay una gran deficiencia teórica y práctica en el uso de los medios informáticos y las herramientas de las TIC; la cultura informática es pobre, inadecuada, atrasada y no se ha integrado adecuadamente con cada nivel de desarrollo escolar.

### **Evaluación**

Tomando en cuenta la importancia que tiene en la actualidad la alfabetización digital en la enseñanza de la arquitectura, en 2015 se realizó una encuesta piloto en la Facultad de Arquitectura de la UNAM que tuvo como objetivo conocer el grado de “cultura digital” (conocimiento y dominio) que los estudiantes del séptimo al décimo semestres de la carrera de arquitectura presentaban en ese momento.

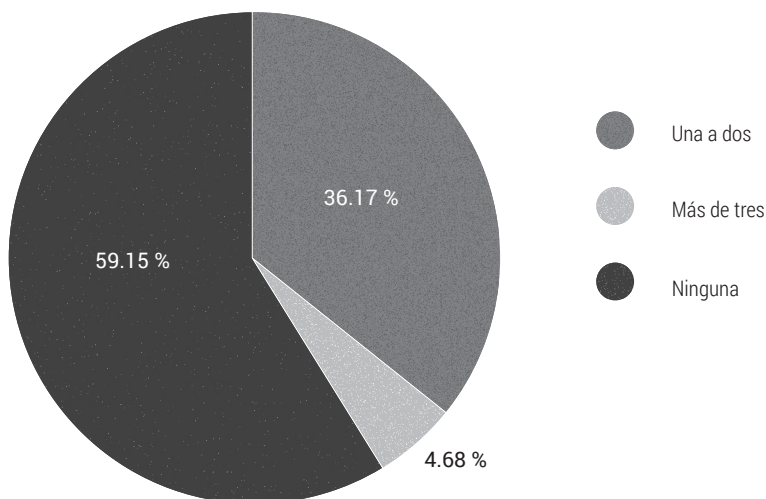
La encuesta piloto tuvo 28 reactivos y se desarrolló con un muestreo bietápico estratificado por conglomerados; se aplicó en cinco talleres de la FA-UNAM, con cuotas de 50 individuos seleccionados aleatoriamente. La encuesta se realizó entre septiembre y octubre de 2015, y se aplicó por grupo en las instalaciones de cada taller. Al final de la captura de datos se obtuvieron 240 encuestas completas y sin errores, y se desecharon 10 por presentar diversas irregularidades.

El nivel de confianza trabajado fue de 95%  $2\sigma$ ; el error estándar,  $\pm 3\%$  para el conjunto de la muestra y el supuesto de muestreo aleatorio simple. Los resultados parciales más importantes son los siguientes.

De los alumnos, 97.92% declaró usar la computadora para sus trabajos de diseño arquitectónico o urbano, lo que significa que la mayoría de los alumnos del séptimo al décimo semestres, últimos de la carrera, usa la herramienta de cómputo y se desenvuelve en el campo de la

¿Cuántas revistas o libros especializados en diseño CAD conoces?

Encuesta Piloto de Cultura Digital, Laboratorio de Sistemas de Información Monitoreo y Modelación Urbana y de Vivienda (SIMMUV-CIAUP UNAM, 2015).



tecnología plena. El porcentaje de 2.08% que declaró no usar la computadora fue básicamente por falta de conocimiento para desarrollar un proyecto con este instrumento. Incluso, 86% declaró tener computadora propia y 14% usa las de los laboratorios de su facultad.

En cuanto a qué idea tenían sobre el diseño asistido por computadora, 24.52% se refiere al diseño auxiliado por programas computacionales; 22.6%, a cómo plasmar el proyecto en 2D y 3D; otro 22.12%, al diseño agilizado con procesos de representación visual; 21.63% lo menciona simplemente como una herramienta que facilita la elaboración del diseño; el resto da definiciones erráticas y sólo 1.44% declaró no tener ninguna idea al respecto. Por lo anterior se aprecia que, aunque casi todos los alumnos encuestados utilizan la computadora, no lo reflejan en actividades de diseño, ya que, para el caso, sólo 47.1% de los entrevistados definió con mayor aproximación lo que era el diseño asistido por computadora.

De lo anterior se colige que no hay una información clara y sistemática para los estudiantes en los semestres previos, del primero al sexto, en los cuales los alumnos debieran ser instruidos con cursos básicos y medios sobre el CAD. Como no existe tal posibilidad, los estudiantes aprenden el manejo y uso del CAD de una manera empírica y básica, lo que les deja grandes lagunas teórico-metodológicas y, por lo tanto, mucha ineficiencia para usar a plenitud el potencial de los programas CAD.

Al reafirmar las anteriores aseveraciones sobre los resultados de preguntas concretas se tiene la siguiente pregunta sobre la aplicación del



CAD por parte de los alumnos. De las respuestas se ve que la mayoría ha empleado el CAD en sus lugares de trabajo y para tareas estudiantiles (37.87%); 30.21% lo utiliza sólo en cuestiones estudiantiles; el resto, para cuestiones personales y estudiantiles (26.38%) o exclusivamente de trabajo (4.8%). Casi la mitad de los alumnos encuestados utiliza de manera más intensa y adecuada el CAD, el resto lo hace de manera parcial y sin un seguimiento o aprovechamiento sistemático y metodológico de las herramientas de cómputo para el diseño. Por lo tanto, se concluye que hay una gran deficiencia teórica y práctica en el uso de estas herramientas.

Finalmente, se tienen las respuestas relativas al número de revistas especializadas en CAD que conocían. La mayoría (59.15%) contestó que ninguna; 36.17% conocía entre una y dos, y sólo 4.68% reveló que conocía más de tres; este último dato coincide con los alumnos que normalmente emplean el CAD en labores profesionales, por lo que cabría la suposición de que, en los trabajos profesionales, la necesidad de aplicar a detalle ciertas cuestiones del CAD requiere la consulta de artículos y manuales que ayuden o resuelvan los problemas cotidianos.

Estas aseveraciones se refuerzan con la pregunta de si se piensa que los cursos o actividades de CAD que se dan en la Facultad son adecuados y suficientes para capacitarlos y apoyarlos en sus actividades profesionales: la mayoría (57.3%) contestó negativamente y 42.7% sí los considera suficientes. Estas respuestas también son correlativas al grupo de estudiantes que han trabajado profesionalmente o se han interesado en las herramientas de CAD, que representan casi la mitad de la población muestreada.

Por último, se concluye por los resultados que la cultura digital, para el caso de los estudiantes de la FA-UNAM, es muy pobre y parcial, dado que su aprendizaje se produce más de manera empírica y por necesidades a menudo profesionales o inquietudes personales, y no porque se les brinde de manera sistemática y formal en la escuela.

La cultura digital se reduce al conocimiento de las herramientas de CAD básicas y falta mucho para que se integren conocimientos más complejos, que incluyan realidad virtual 2D y 3D, así como sistemas de información para modelación de diseño en línea automatizada tipo BIM (*building information modeling*) o BAM (*building assembled modeling*).

Será necesario trabajar para difundir y ampliar la cultura digital en las escuelas de arquitectura y que esta profesión pueda tener un futuro más promisorio, el cual les permita a los profesionales de la misma, que siguen egresando en cantidades nada despreciables, lograr un nivel de competencia para trabajar en los ámbitos local y global.

## Referencias

- ARRIETA, C. A., y V. D. Montes. "Alfabetización digital: uso de las TICs más allá de una formación instrumental y una buena infraestructura", *Rev. Colombiana Ciencias Anim.* 3 (2011): 182-186.
- Banco Mundial. *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)*. Recuperado en Septiembre, 2016. <http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.
- BOLAÑOS, R. "La evolución de la práctica: inicios de la incorporación digital en el siglo xx". En *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicano*, vol. IV, *El siglo xx*, t. 2, *En la antesala del tercer milenio* coordinado por Carlos Chanfón Olmos; coordinadora del tomo Lourdes Cruz González Franco. México: Facultad de Arquitectura de la UNAM/Fondo de Cultura Económica, 2015.
- CHANFÓN, C. "Capítulo I. Antecedentes". En *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicano*, vol. IV, *El siglo xx*, t. 2, *En la antesala del tercer milenio*. coordinado por Carlos Chanfón Olmos; coordinadora del tomo Lourdes Cruz González Franco. México: Facultad de Arquitectura de la UNAM/Fondo de Cultura Económica, 2015.
- ESHET-ALKALAI, Y. "Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era", *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia* 13 (2004): 93-106.
- GRILLO ANTONIO, Carlos. "La mímesis de la naturaleza en arquitectura", *Cadernos de Arquitectura e Urbanismo*, 14-15 (2007): 49-70.
- HABERMAS, J. *Ciencia y técnica como ideología*. Manuel Jiménez Redondo, trad. Madrid: Tecnos, 1986. Tomado de Archivo Chile, Centro de Estudios "Miguel Enríquez, CEME". <http://www.archivochile.com>.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, I. "La creación artística y su relación con la investigación y la innovación". XII congreso La Investigación en la Pontificia Universidad Javeriana, 2013. <http://www.javeriana.edu.co/congresodeinvestigacion2013>.
- KAHN, L. "Monumentalidad". Trad. A. Rigotti, *Reformulaciones. En la segunda era de la máquina*, 1991. <http://louiskahn.es/Conferencias.html>.
- Principios de Le Corbusier. *ARQHYS.com*. <http://www.arqhys.com/articulos/le-corbusier-principiuos.html>.
- REDONDO FONSECA, E., et al. "Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso", *Arquitectura* 8 (2012): 76-87. <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/viewFile/arq.2012.81.08/882>.
- RUBIO LANDART, J., y C. Gómez Perdomo. *Arquitectos en la encrucijada: ¿qué puede hacer un arquitecto en la situación actual?* Madrid: Alianza, 2011. Colección Libros Singulares.
- TOFFLER, A. *La tercera ola*. Barcelona: Plaza y Janes, 1997.
- VALERIO Mateos, C., y J. Paredes Labra. "Evaluación del uso y manejo de las tecnologías de información y comunicación en los docentes universitarios. Un caso mexicano", *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa* 7 (2008):13-32. <http://campusvirtual.unex.es/cala/editio>.
- ZAMARRIPA BELMARES, Néstor. *Sistema de producción Toyota*. Recuperado en Marzo 17, 2008. <http://www.gestiopolis.com/sistema-produccion-toyota/%5D>.