

## ARQUITECTURA DIGITAL INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN

Dra. Aurora Poó Rubio  
Juan Antonio Morris

Universidad Autónoma Metropolitana UAM-A México D. F.

### “ARQUITECTURA DIGITAL INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN”.

*El arquitecto es el hombre sintético, el que es capaz de ver  
las cosas en conjunto antes de que estén hechas.*

Antoni Gaudí

#### Resumen

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis de la evolución que han tenido los medios digitales enfocados a la arquitectura y la construcción y su impacto en el trabajo de los profesionales, tanto durante la fase de diseño de un proyecto, como en la edificación del mismo. Se estudia el impacto de la arquitectura virtual y su papel de impulsora de la creatividad y la experimentación formal que han favorecido el surgimiento de nuevos estilos arquitectónicos caracterizados por diseños de gran complejidad que hoy por hoy proliferan por todo el mundo proyectados con la ayuda y el desarrollo de programas de cómputo de vanguardia que también han hecho posible su construcción.

Se enumeran y describen las características principales de algunos de los programas de cómputo más usuales que se emplean en México y se reflexiona acerca de la perspectiva del trabajo digital que desarrollarán en el futuro cercano los arquitectos para continuar con el diseño de formas complicadas y audaces, la problemática de los constructores para llevarlas a cabo y cómo cada vez se está llegando a la integración de todo el proceso de una obra por medio de ambientes digitales para el diseño-construcción.

Palabras clave: Arquitectura digital, construcción, software, sistemas digitales.

## Introducción

### La cuestión del diseño digital en arquitectura

En la actualidad se ha venido desarrollando un nuevo lenguaje arquitectónico sustentado en medios digitales que rápidamente se ha vuelto hegemónico entre los proyectista de la vanguardia arquitectónica mundial y que ha dado como resultado un nuevo estilo arquitectónico de características notables: formas complejas y dinámicas, relaciones de curvatura-linealidad inéditas hasta ahora, conceptos y métodos de trabajo también diferentes de los tradicionales, especialmente de arquitectos contemporáneos que basan su trabajo en ambientes digitales de avanzada.

El paradigma que ha surgido presenta una dualidad: Por un lado, se trabaja en conceptos creativos y de experimentación formal del diseño y, en paralelo, se abordan los métodos y técnicas empleados para llegar a estos diseños de gran complejidad y para construirlos. El estilo actual de la arquitectura está apoyado en una nueva generación de herramientas de cómputo para el modelado del espacio en 2 y 3 dimensiones así como de animación que está vinculado a los datos duros de geometría y dimensionamiento que soportan la construcción de dichos proyectos.

### De la era pre-digital a la era digital.

Una de las primeras definiciones de la arquitectura digital o arquitectura virtual es *“Aquel universo de objetos construidos, visualizados, accedidos, manipulados y utilizados tridimensionalmente, con propósito arquitectónico y de permanencia con derecho propio, en un ámbito digital informático que les confiere su condición de virtualidad, pudiendo esta ser activada dentro o fuera de línea”* (Vélez, 2000<sup>1</sup>)

Las primeras experiencias en la arquitectura asistida por computadora datan de los años 60. Algunas de las reflexiones en el área fueron en los inicios de los 90, entre los autores destaca Marco Novak con su ensayo sobre *“Arquitectura Líquida”* y escritos subsiguientes. A partir de entonces se generó una corriente dinámica tanto en los arquitectos que deseaban experimentar las posibilidades que ofrecían los medios digitales como en los estudiosos que generaron análisis sobre el tema.

Hasta la década de los 80, la mayor parte de las oficinas internacionales de arquitectura no basaban su trabajo en la computadora, si bien su uso sistemático data de entonces, la computadora era útil como herramienta para proyectos convencionales con un lenguaje arquitectónico establecido. El dibujo en 2 dimensiones utilizado para la representación de plantas, cortes y fachadas ayudó a simplificar el trabajo con el manejo de capas que se podían superponer como hojas de papel (*layers*), con la ventaja de hacerlo de manera simultánea.

El empleo de la computadora en un ámbito virtual en el cual se creaba un proyecto arquitectónico de estas características, se limitaba a ser una herramienta de representación, es decir, únicamente de dibujo, y la parte creativa proyectual generalmente se daba de manera independiente; el resultado era un conjunto de planos que contenían las plantas, cortes, fachadas, perspectivas axonométricas, etc. todo lo necesario que requería cada proyecto en el aspecto de diseño.

---

<sup>1</sup> Vélez Jahn, Gonzalo. *Arquitectura Virtual. Fronteras*. En *Construyendo en el Espacio Digital*. Libro de Ponencias del 4º. Congreso de SIGRADI, Río de Janeiro, Brasil. 2000.

Las plantas podían dibujarse en varias capas (*layers*) con o sin mobiliario, con o sin acabados, etc. Sin embargo cada plano era autónomo, tanto en los cortes como en las fachadas el dibujo era independiente; el manejo de la computadora generalmente lo hacía un arquitecto-estudiante-capturista y lo revisaba y aprobaba el proyectista.

La computadora vino a automatizar tareas de dibujo tediosas y repetitivas y ayudó a disminuir errores, incrementar la eficiencia y a facilitar el almacenaje de datos como modificaciones al proyecto que se efectuaban de manera constante. Los cambios quedaban guardados y los archivos podían ser accedidos en diferentes unidades de cómputo, enviados vía correo electrónico al equipo de trabajo extendido, contratistas, proveedores y aún a clientes, etc., el ploteo de planos podía ser efectuado en lugar distinto a la oficina que les dio origen, entre otros aspectos.

Sin embargo, el ambiente digital estaba fraccionado en islas de tecnología. Por un lado en la computadora no se podía diseñar ni experimentar, el diseño se hacía de manera paralela; para la realización de los planos del proyecto se contaba fundamentalmente con programas 2D<sup>2</sup>. El problema de este sistema de trabajo consiste en que la interrelación de datos en plantas, cortes y fachadas y la acuciosidad del trabajo estaba en manos de los estudiantes-arquitectos-capturistas que podían ser varias personas que trabajaban en partes del proyecto, por lo que los errores podían abundar, la coordinación de diferentes proyectistas se dificultaba (diseño estructural, de instalaciones, etc.) y las modificaciones frecuentemente no quedaban plasmadas en todos los planos. Podía suceder que no hubiese planos actualizados en la obra y, consecuentemente, tampoco los había al finalizar la construcción.

Para efectos de la integración de la documentación requerida para la construcción de las obras, había diversos programas de cómputo adicionales, algunos de uso sistemático en las oficinas y otros específicos. Los presupuestos, la elaboración de números generadores, el análisis de precios unitarios se efectuaba con programas de bases de datos, entre los primeros que salieron al mercado en México se tiene D-Base, Lotus y finalmente Excel de Microsoft Office, entre otros. Sin embargo había que diseñar el estilo de las tablas para que sus contenidos se ajustaran a los requisitos de la documentación de un contrato de obra y los datos no estaban vinculados electrónicamente con los planos, por lo que al efectuarse un cambio en el proyecto, se tenía que definir en qué partes de los documentos impactaba, en el presupuesto, en los volúmenes de obra u otro documento y hacer las correcciones correspondientes.

También había software especializado para la construcción como los programas para elaborar análisis de costos y presupuestos. Los programas básicos elaboraban tarjetas de precios unitarios que quedaban almacenados en una base de datos; en el formato de presupuestación se capturaban las cantidades de obra y el programa vinculaba cada concepto con su volumen de obra y su precio unitario. El formato general ya estaba dividido en partidas y conceptos de obra y efectuaba las operaciones matemáticas correspondientes para integrar el presupuesto. El software permitía la impresión de diferentes reportes: Presupuesto integrado, precios de materiales, costos de la mano de obra, volúmenes de obra, entre otros. Sin embargo, las modificaciones en el proyecto requerían de modificaciones al presupuesto o a algunos de los datos que lo integraban, operaciones que tenían que ser trabajadas por el capturista responsable de ese trabajo.

---

<sup>2</sup> En México se ha usado básicamente AUTOCAD de la firma AUTODESK

La parte de costos y presupuestos también era otra isla de tecnología sin mayor vinculación con los programas de diseño y dibujo. Algunos de los programas disponibles en el mercado son Opus de AllPlan y Neo Data, entre otros.

Situación similar se daba con la programación de obra. El software más utilizado en arquitectura y construcción era Microsoft Project que, sin ser un software específico para estas disciplinas, se ajustaba a las necesidades de los proyectos de construcción, aunque también podía ser empleado para programar cualquier tipo de proyecto como una campaña política o la fabricación de un nuevo modelo de automóvil. Tampoco estaba vinculado con los planos arquitectónicos ni con el programa de costos y presupuestos y algunos datos ajenos al programa debían ser incorporados como es la duración de las actividades de la programación. Con el paso del tiempo, la programación de obra también se ha integrado dentro de los programas de costos y presupuestos.

En los últimos veinte años se ha vivido una revolución en las Tecnologías de la Información (TI) que, al ser incorporadas al trabajo de diseño en arquitectura, han transformado la disciplina. Indudablemente, la selección de los medios para representar-diseñar ha tenido un impacto importante en el carácter de los resultados de diseño. Dado que el pensamiento del diseño está ligado a los medios de representación, el abanico de posibilidades se ha ampliado con la expansión de las nuevas herramientas digitales que existen en el mercado en la actualidad (Schumacher, 2004).

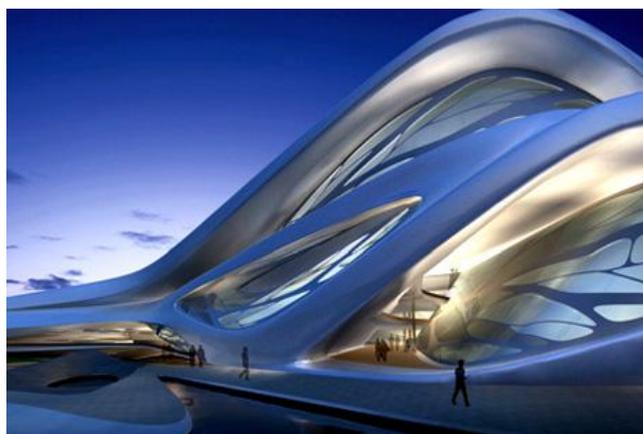


Figura 1. Abu Dhabi Performance Arts Center. Zaha Hadid<sup>3</sup>

La introducción generalizada de la computadora en los años 90 desembocó en el florecimiento de la arquitectura digital actual, que permitió la realización material de las obras sin comprometer la creatividad del diseñador.

La introducción del modelado en 3 dimensiones fue otro paso importante que permitió diseños complicados en sus relaciones línea-curvatura y volumen-forma e hizo posibles composiciones mucho más complejas.

Se llegó a la articulación plástica, a la fluidez tectónica y a la complejidad estructural dominadas con confianza y precisión. La búsqueda de nuevas formas fue posible gracias a las innovaciones formales y conceptuales alcanzadas previamente. Las herramientas llegaban a los estudios de

<sup>3</sup> Fotografía de acceso libre en internet. [www.zahahadid.com](http://www.zahahadid.com).

diseño tan pronto como estaban en el mercado y estos se convertían en verdaderos centros experimentales de diseño, en laboratorios de investigación formal.

### La arquitectura digital en la actualidad



Figura 2.- Lincoln Center Alice Tuilly Frank Gehry (renovación)<sup>4</sup>

A la fecha, la arquitectura de vanguardia utiliza herramientas avanzadas de software. Los medios de representación y diseño como trabajo en capas por medio de Rayos X (*X rays layering*) y proyecciones múltiples en perspectiva que permiten la experimentación formal mediante distorsiones de la forma de manera controlada, la visualización simultánea de diversas partes de un proyecto para ser observadas en varios monitores de computadora de manera sincrónica y admiten operaciones gráficas múltiples mientras el programa de cómputo guarda los datos duros: dimensiones, alturas, áreas, colores, texturas, formas de los elementos del proyecto, etc. que, almacenados en la base de datos del mismo programa, quedan registrados con sus correspondientes especificaciones de construcción y volúmenes de obra. Estos pueden vincularse con un programa de costos y presupuestos; todos estos datos, al modificar una parte del proyecto, también cambian reflejando el resultado en el presupuestos de manera interrelacionada.

Softwares actuales también trabajan la 4<sup>a</sup> dimensión, el tiempo y con ellos pueden realizarse los programas de construcción, en primer lugar el programa de tiempos y, con los datos de volúmenes de obra y presupuestos, los programas de compras y suministro de materiales, de administración de recursos humanos y de maquinaria y equipo. Con el programa de tiempo y el presupuesto también se obtiene el programa financiero de la obra: al tener determinados los gastos por semana, quincena o mes, se obtienen las erogaciones por período durante la construcción (egresos) y con ellos se determina la aplicación y fuente de los recursos económicos que se aplicarán a la obra (ingresos).

A la fecha, la tendencia es a la integración digital de los elementos del proyecto que permite mantener la libertad creativa y la experimentación formal, combinada con el almacenamiento con posibilidades de manipulación de los datos técnicos y económicos requeridos por la construcción, en un ambiente controlado y de interrelación automática que facilita las modificaciones en el proyecto y las actualizaciones de los correspondientes datos. Los sistemas CAD permiten tener en archivo el record histórico de las transformaciones del proyecto.

<sup>4</sup> Fotografía de acceso libre en internet.

### Arquitectura digital para el proyecto y el proyecto ejecutivo.



Figura 3. Museo Guggenheim Bilbao. Frank Ghery<sup>5</sup>.

### Lo digital para la construcción de los proyectos arquitectónicos. El expediente técnico de la obra

El expediente técnico de la obra<sup>6</sup>, es el conjunto de planos y documentos anexos necesarios para la construcción de la obra. Conjuntar este cúmulo de papeles es indispensable tanto para la contratación de la obra y la adjudicación de los trabajos como para la obtención de los permisos y licencias de construcción.

El expediente técnico de la obra está compuesto por todos y cada uno de los planos que integran el proyecto ejecutivo, que son aquellos con los que se debe construir la obra. Adicionalmente se anexan una serie de documentos que lo complementan. Estos son las especificaciones de todos los conceptos de obra, los números generadores (volúmenes de obra de cada concepto especificado), el presupuesto de la obra con precios unitarios por concepto y por partida de obra. Asimismo se incluyen los Programas de Obra: el Programa de Tiempo (elaborado usualmente por el Método de la Ruta Crítica), el de Materiales y Suministros, el de Maquinaria y Equipo y el Programa Financiero de la obra (ingresos y egresos por período de tiempo, semanas, quincenas, meses, etc. dependiendo del tipo de obra de que se trate).

---

<sup>5</sup> Fotografía de acceso libre en internet. A la fecha, el Arq. Frank Ghery ha creado una empresa de servicio que desarrolla software de alta tecnología enfocado a la arquitectura y a la industria de la construcción a través de productos encaminados al Modelado para la Construcción (Building Modeling Information, BIM por sus siglas en inglés). [www.gehrytechnologies.com](http://www.gehrytechnologies.com).

<sup>6</sup> Suárez Salazar, Carlos. Ley y Reglamento de Obras Públicas actualizada y comentada. Limusa Noriega Editores. México, 2004. La nomenclatura y definiciones están de acuerdo con lo que marca la citada Ley para la contratación de obra pública en México.

La integración de la documentación para poder construir una obra ha sido sistemáticamente un dolor de cabeza tanto para los proyectistas como para los constructores y son muchos papeles procesados con diferentes programas, algunos de ellos software de uso común en las oficinas además de todos los planos que conforman el proyecto ejecutivo elaborados con los programas de dibujo usuales.

La reunión de toda la documentación que forma el expediente técnico siempre ha sido una tarea casi manual donde las citadas de islas de tecnología han proporcionado ayuda pero el problema de la integración digital, aunque se tiene identificado, no se ha resuelto completamente; sin embargo, las empresas de software están trabajando en la búsqueda de soluciones integradoras.

### **Integración tecnológica del proyecto y su construcción. El Modelado de Información para la Construcción BIM.**

McGraw-Hill Construction define al Modelado de Información para la Construcción (BIM, *Building Information Modeling* por sus siglas en inglés) como el proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, la construcción y/o la operación de los proyectos.

De manera más amplia, se considera el Modelado de Información para la Construcción (BIM), también llamado Modelado de Información para la Edificación, como *“el proceso de generación y administración de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para integrar toda la información del proyecto, de su construcción y operación, optimizar los recursos (tiempo, materiales, recursos humanos, maquinaria y equipo y financieros). Este proceso produce el modelo de información del edificio (BIM), que abarca la geometría<sup>7</sup> del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica<sup>8</sup>, así como las cantidades y especificaciones de los componentes del edificio”* (Hollness, 2009). A la fecha la integración abarca más aspectos y no todos han sido resueltos.

El origen de este concepto data de inicios de los setenta y se atribuye la difusión del concepto de *modelo de información de edificación*, como un sinónimo de BIM, al profesor Charles M. Eastman, del *Georgia Tech Institute of Technology* por medio de libros y artículos académicos. Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar y hacer interoperativa la información en formato digital.

---

<sup>7</sup> La geometría, del griego geo (tierra) y metrón (medida), es la rama de la matemática que se ocupa de las propiedades de las figuras geométricas en el plano o el espacio, como son: puntos, rectas, planos, polígonos, poliedros, paralelas, perpendiculares, curvas, superficies, etc. Permite la solución de problemas concretos relativos a medidas y es la justificación teórica de muchos instrumentos, por ejemplo el compás, el teodolito y el pantógrafo. Tiene su aplicación práctica en física, mecánica, cartografía, astronomía, náutica, topografía, balística, etc. También da fundamento teórico a inventos como el sistema de posicionamiento global (en especial cuando se la considera en combinación con el análisis matemático y sobre todo con las ecuaciones diferenciales) y es útil en la preparación de diseños.

<sup>8</sup> La información geográfica es el conjunto de datos espaciales georreferenciados requeridos en una construcción desde su etapa de proyecto como parte de las operaciones administrativas, legales y técnicas. Dichos geodatos poseen una posición implícita (una referencia catastral o datos de un documento de propiedad, por ejemplo) o explícita (coordenadas de un sitio o terreno obtenidas a partir de datos capturados mediante GPS, etc.).

En el año de 1978 se presentó la primera versión de SigmaGraphics, desarrollado por Sigma Design International, de Alexandria, Louisiana, Estados Unidos, el cual posteriormente se denominó ARRIS CAD en el año de 1984, en un entorno completamente dedicado a la arquitectura y construcción. Este software originalmente fue desarrollado para entornos multitarea tales como UNIX/XENIX y actualmente trabaja bajo sistemas operativos de Windows.

A la fecha, son diferentes proveedores tecnológicos los que han desarrollado programas que ofrecen esta integración: Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, Nemetschek, y CADDetails, entre otros. El concepto de BIM en el área de diseño y construcción presenta varias opciones en cuanto a plataformas y software para la implementación del mismo según los diferentes proveedores.

### **Programas de cómputo disponibles en México**

A la fecha la oferta de software en México es extensa. Si bien no se dispone de todos los programas que existen en el mercado en Estados Unidos, Europa o Asia, hay proveedores que comercializan algunos de ellos. A continuación se enumeran y describen los principales programas disponibles en el mercado mexicano.

La empresa Autodesk fue una de las que iniciaron la comercialización de software dedicado a la arquitectura. Indudablemente el programa más conocido en el medio es AutoCAD, ampliamente utilizado en oficinas de arquitectos, instituciones que generan obra y proyectos, así como en universidades y por sus estudiantes. Es una herramienta de representación para dibujo en 2D y 3D, utilizada para generar documentos y planos, así como programación y renderización<sup>9</sup> en sus últimas versiones.

Tiene herramientas integradas de dibujo para crear diseños contextualizados. Han sido incorporadas diversas librerías de detalles constructivos, mobiliario, entre otras. También genera cortes y fachadas y actualmente, ya es capaz de tomar los datos de las plantas del proyecto, manteniendo las capas, el color de línea y otras propiedades del plano que da origen a los datos. Calidad inicial ha sido su capacidad para el dimensionamiento: Se acotan todos los elementos (muros, ventanas, pisos, etc.) y sus componentes de acuerdo con estándares personales de medición. Como el dimensionamiento es asociativo, automáticamente se actualizan los cambios en el diseño, eliminando el trabajo repetitivo y las actualizaciones manuales (Autodesk, 2010<sup>10</sup>). Su mayor virtud es ser el software de mayor uso en la comunidad de arquitectos y constructores, por lo que las actualizaciones son fácilmente absorbidas por los usuarios.

Parte de la revolución digital fue el surgimiento de software para el manejo de 3D. Uno de los programas más conocidos es 3D Max, software de modelado, animación, renderización y composición en 3D. Estos programas, que comparten la tecnología básica, han caminado por dos vertientes, una para diseño gráfico empleada por desarrolladores de juegos y realizadores de efectos visuales, y la otra con características especializadas para arquitectos, diseñadores, ingenieros y especialistas en visualización.

---

<sup>9</sup> Realización de dibujos de presentación usualmente en perspectiva, para ser presentados al cliente o para fines de comercialización de la obra (departamentos, hoteles, centros comerciales, etc.). Para mayores efectos visuales se realizan en color, con texturas en los materiales, reflejos en los vidrios, sombras, entre otros efectos. También se adiciona vegetación, automóviles, personas.

<sup>10</sup> [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). Accesada el 12 de septiembre 2010.

Tiene herramientas avanzadas de modelado poligonal y diseño de formas libres en 3D, renderizado 3D, animación 3D de alta calidad y opciones de sombreado y texturizado, entre otros aspectos. Tiene la capacidad de importar datos de múltiples orígenes y transferencia de la información entre archivos, aplicaciones, usuarios y ubicaciones. Permite la recopilación y el uso compartido para usuarios múltiples por lo que favorece el trabajo colaborativo (Autodesk, 2010). Estos programas han permitido a las oficinas vanguardistas de arquitectura la creación de audaces construcciones donde las formas se manipulan y la experimentación en el diseño es cotidiana. Tienen la capacidad de tomar datos de programas de 2D y convertirlos a 3D de manera visual espectacular con lo que el diseño está inmerso en el trabajo digital mientras que los datos técnicos y dimensionales se mantienen.

Respecto de los programas de cómputo enfocados a BIM, la empresa EcoSoft (firma mexicana) es socio y distribuidor de Nemetschek (compañía alemana desarrolladora de software especializado, con casa matriz en Munich) ofrece en México varios programas enfocados al diseño arquitectónico y a la construcción; entre ellos está AllPlan BIM Arquitectura que es una solución CAD, basada en (BIM), Modelado de Información para la Edificación, que permite integrar el proceso de diseño, la documentación, la presentación de proyectos arquitectónicos y la gestión del proyecto en obra, dentro de una plataforma gráfica única (Ecosoft, 2010). El programa es compatible con los programas usuales de 2D. Esta empresa también comercializa el programa Opus de costos y precios unitarios para elaborar presupuestos de obra, por lo que presenta un interesante grado de integración 2D, 3D y costos y precios unitarios.

Programas complementarios de la firma antes citada son AllPlan Sketch como módulo complementario de All Plan BIM Arquitectura para dibujar croquis a mano libre en una tableta digitalizadora (*Tablet PC*) y también AllPlan Territorio con soluciones para urbanismo, topografía y arquitectura del paisaje, que puede representar en redes 2D curvas de nivel y planos de altimetría y 3D a través de la lectura de datos topográficos, entre otras posibilidades.

La empresa Autodesk<sup>11</sup>, entre sus productos tiene el programa Autodesk Revit Architecture que ayuda a explorar conceptos y formas de diseño innovadores desde etapas tempranas del desarrollo del proyecto arquitectónico, mientras crea, mantiene y modifica los datos numéricos y gráficos necesarios para la construcción del proyecto. Es el software que soporta el concepto BIM que incluye los aspectos formales y conceptuales del proyecto, el diseño sustentable, la planeación de la construcción y fabricación de elementos; adicionalmente facilita el trabajo colaborativo entre arquitectos, ingenieros, especialistas, constructores y con los clientes. Actualiza de inmediato todos los cambios que sufre el proyecto a lo largo de su desarrollo por medio de modificaciones a los planos y a los documentos generados, con lo que se pretende que el proyecto tenga una mejor coordinación y documentación confiable.

Autodesk tiene numerosos productos. AutoCAD 2D se complementa con AutoCAD Civil, AutoCAD 3D, AutoCAD Electrical, AutoCAD Freestyle (para dibujos a mano libre), AutoCAD Inventor Suites (para diseño para la manufactura en 3D, realización de prototipos y simulación de productos), AutoCAD Land Desktop, AutoCAD Map 3D (los dos últimos para urbanismo, topografía y arquitectura del paisaje, así como para mapas). Para presentaciones de proyectos en 3D, están 3D Max y 3D Max Design.

<sup>11</sup> Autodesk es una empresa originaria de los Estados Unidos que fue fundada hace más de 25 años y ha sido pionera en el desarrollo de software basado en sistemas CAD (computer aided design). Su programa más conocido, especialmente en México es AutoCAD 2D; adicionalmente ha incursionado en el diseño de soluciones 3D y soluciones integradoras para arquitectura, ingeniería, construcción, diseño y manufactura, así como para la industria del entretenimiento a través de medios digitales.

Como soporte para el trabajo en el sistema BIM, está AutoCAD Revit Architecture (anteriormente mencionado), AutoCAD Structural Suite (para diseño estructural), Structural Detailing (para detalles estructurales), Autodesk Ecotect Analysis (para diseño ecológico), Autodesk Civil Infrastructure (Diseño de infraestructura), Autocad Revit Engeneering para instalaciones hidráulicas y sanitarias, así como para instalaciones eléctricas y mecánicas), Process Plant Design (diseño de plantas industriales) y Real State (bienes raíces).

La empresa también ha incursionado en la industria del entretenimiento y ha desarrollado software para diseño gráfico y animación. El programa Autodesk Maya es uno de ellos. La mayor ventaja de sus productos es un nivel más alto de integración entre los distintos programas diseñados por la firma.

### **Ventajas y desventajas del trabajo con los diferentes programas de cómputo que apoyan al BIM<sup>12</sup>**

Los diferentes software diseñados bajo el concepto BIM buscan mejorar la interrelación de las diferentes personas trabajando sobre un mismo proyecto, la coordinación es evidentemente más fácil que con las plataformas que manejan 2D, 3D y programas de cómputo adicionales pero inconexos. El software puede destacar interferencias inmediatamente.

Se pretende que haya un aumento de la productividad, menos horas-hombre, lo que se traduce a menores costos. También se pretende que haya un mejor diseño con calidad de detalle superior: Con este sistema se puede dedicar más tiempo al diseño ya que se reduce el tiempo en que hay que pasar los bosquejos iniciales a CAD. Además, este sistema exige pensar y diseñar todos los detalles, ya que de no hacerlo, el modelo queda inconcluso.

Es educativo ya que estos programas obligan a los arquitectos que trabajan en grandes proyectos a tomar decisiones rápidas al exigir mayor cantidad de detalle y les precisa encontrar respuestas prontamente.

Mejora la comunicación y el control de la información del proyecto: La base de datos de BIM se convierte en la fuente central para toda la información del proyecto. Adicionalmente, la generación automática de base de datos da lugar a servicios complementarios para los arquitectos como la estimación de costos y presupuestación, la administración y programación de la obra y la visualización de imágenes a partir de los modelos. Facilita la relación con el cliente al poder mostrarle cómo va avanzando el diseño de la obra en 3D.

En cuanto a los problemas y requerimientos, es necesario hacer notar que se necesita adiestramiento adecuado, el primer requisito es que el usuario entienda el concepto de BIM, de integración de todo el proceso del proyecto desde la etapa de diseño, la construcción de la obra y la operación del edificio. Esto implica que la alta gerencia debe involucrarse en que todo el equipo de proyectistas y constructores conozcan y dominen el sistema BIM .tanto los programas de la plataforma BIM y del equipo de cómputo necesario representan un alto costo, pues se necesitan equipos de cómputo más poderosos con varios monitores de alta resolución para cada usuario para ser usados de manera simultanea, además de servidores de gran capacidad para soportar los programas y los proyectos generados, equipo eficiente para el almacenaje de datos, plotters de altas cualidades de impresión, entre otros elementos.

---

<sup>12</sup> *Smart Market Report. Building Information Modeling (BIM). Transforming Design and Construction to achieve greater industry productivity.* McGraw-Hill Construction2008.

## Conclusiones

La tecnología digital para el proyecto evidentemente ha venido a revolucionar el campo de la arquitectura. Si bien no todos los arquitectos desean o les interesa la experimentación en este campo, o no tienen el cliente que promueva este tipo de proyectos, el futuro se percibe dentro de ambientes digitales cada vez más sofisticados en cuanto a los resultados esperados, pero, al mismo tiempo, más fáciles de usar, con interfases más amigables con los usuarios.

Respecto de la integración de sistemas para la construcción, también se avizora la consolidación de la tendencia a organizar y vincular todos los procesos de la obra, desde la etapa de diseño-experimentación y concreción formal hasta la construcción de la obra, sin omitir la operación, el mantenimiento y la administración del edificio y todos los sistemas que lo integra.

La implementación de BIM en el flujo de trabajo de una organización, requiere de un plan de acción adecuado. Es en este punto donde la empresa debe apoyarse en expertos que proporcionen la capacitación necesaria para los diferentes niveles de usuarios de BIM, como son diseñadores, arquitectos, constructores, gerentes de planeación, ingenieros y los propios dueños de las firmas. Es importante la incorporación de los diferentes especialistas en el proceso de re-estructuración de sus procesos de trabajo, conocimiento y dominio de las soluciones disponibles de software y las mejores prácticas para la implementación de cada una de ellas (Boxek, 2010).

Algunas empresas, inicialmente comienzan a adentrarse en la metodología de integración de sistemas mediante su aplicación en casos de estudio o proyectos piloto que ayudan a experimentar y a resolver durante la práctica los problemas reales que la organización ha experimentado antes o durante la implementación de BIM. Este procedimiento ayuda a compenetrarse en la tecnología BIM y reducen el tiempo de transición entre la metodología CAD anterior y la actual con BIM.

BIM está ganando terreno rápidamente, muchos arquitectos y constructores que previamente manejaban la tecnología CAD se esfuerza por adoptarla y adaptarse a ella y las nuevas generaciones pronto estará usándola como parte natural de su entorno de trabajo, y como tantas veces lo hemos visto, sólo el más capacitado sobrevivirá en el competitivo entorno de la industria de la construcción.

## Bibliografía

*All Plan BIM*, Catálogo de productos. Ecosoft, S. de R.L. de C.V., México, 2010.

Autodesk, Catálogo de productos. México 2010.

Coles, Alex et al. *Design and Art*. The MIT Press 2007. ISBN-10: 0-262-53289-1

Galofaro, Luca. *Digital Eisenman: An office in the electronic era (The Information Technology Revolution in Architecture)*. Birkhäuser-Publisher for Architecture, 1999. Basel, Switzaerland. ISBN 3-7643-6094-1

De Zegher, Caterine y Wigley, Mark. *The Activist Drawing. Retracing Situationist Architectures from Constant's new Babylon to Beyond*. The MIT Press 2001. ISBN-10: 978-0-262-04181-X

*Grands Travaux. Numero Special Connaissance des Arts*. La Villette. Paris, Francia, 2002.

Hadid, Zaha y Betsky, Aaron. *The complete buildings and projects*. Rizzoli International Publications, 1998. ISBN-13:978-08478.2133.4

Holness, Gordon V.R. *Building Information Modeling Gaining Momentum*. ASHRAE Journal. Pp 28-40. June 2008.

Schumacher, Patrick. *Digital Hadid. Landscapes in Motion*. Birkhäuser – Publishers for Architecture. Switzerland, 2004. ISBN 3-7643-0172-4

Spilier, Neil. *Digital Architecture Now: A global survey of emerging*

Suárez Salazar, Carlos. *Ley y Reglamento de Obras Públicas actualizada y comentada*. Limusa Noriega Editores. México, 2004.

Ventury, Robert. *Complexity and Contradiction in Architecture*. The Museum of Modern Art, New York, 2a. Edición, 2002. ISBN-13: 978-0870702822

Wigley, Mark. *The Architecture of Deconstruction. Derrida's haunt*. The MIT Press, 1995. ISBN-10: 0-262-73114-2

Zaha Hadid. *Catálogo de la exhibición en el Museo Guggenheim de Nueva York*. 2006 ISBN: 978-0-89207-346-7.

Zeliner, Peter. *Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture*. Rizzoli International Publications. 1999. ISBN-10: 0847822034

### Artículos de Investigación

Dongre, Alpna, R., Deshpande, S.A., Ingle, R.K. *Emerging Architectonic Forms and Designed Forms*. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, November 2007 (Pags. 55-67)

De Mesa, Andrés, Quilez, Joan y Regot, Joaquín. *Análisis geométrico de Formas Arquitectónicas Complejas*. Construyendo el espacio digital. SIGRAD, Río de Janeiro, 2000.

D'Souza, Newton. *Design Intelligences: A case for multiple intelligences in Architectural Design*. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (Pags. 15-34)

Ghani, Isham. *Function defies form: A thought for Architecture in the new information age*. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 3, September 2007 (Pags. 68-75)

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. *Arquitectura para las ciudades digitales*. Junio 2009. [www.argchile.cl](http://www.argchile.cl). Accesada el 19/06/2010.

Llavaneras Sánchez, Gustavo y Vélez Jahn, Gustavo. *Arquitectura virtual*. Junio 2009. [www.argchile.cl](http://www.argchile.cl). Accesada el 19/06/2010.

Mandour, M. Alaa. *Mixed Reality: The deconstruction of time/The restructure of future*. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (77-91)

Martínez Expósito, Alfredo. *Semiotic Organization of Space and Time in Film*. Revista Alpha No. 23. Diciembre 2006. Pags. 181-200. Versión On Line. ISSN 0718-2201. University of Queensland, Head School of Languages and Comparative. Australia.

Niezabitoski, Andrzej M. *Architectonics – A System of exploring Architectural Forms in Spatial Categories*. ArchNet-UAR. International Journal of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, July 2007 (92-129)

*Smart Market Report. Building Information Modeling (BIM). Transforming Design and Construction to achieve greater industry productivity*. McGraw-Hill Construction 2008.

Palmquist, Stephen. *The architectonic form of Kant's Copernican Logic*. Metaphilosophy, Vol. 17, Issue 4, Pags. 266-288. Agosto 2007. Metaphilosophy LLC Blackwell Publishing Ltd.

### Páginas web

<http://noticias.arquired.com.mx> Proyecto *Futurista Capital Gate en Abu Dhabi*. Accesada el 08/06/2010.

[www.allplan.com.mx](http://www.allplan.com.mx). Accesada el 22/09/2010

[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). Accesada el 12/09/2010.

[www.gherytechnologies.com](http://www.gherytechnologies.com). Accesada el 15/02/2010.

[www.guggenheim\\_bilbao.es](http://www.guggenheim_bilbao.es). Accesada el 15/02/2010

[www.ibiblio.com](http://www.ibiblio.com) Web Museum, Paris. Accesada el 6/04/2010

[www.magazine\\_deustchland.de](http://www.magazine_deustchland.de). Edelman, Thomas. *Laboratorio de la Modernidad*. 6/04/2010

[www.zahahadidarchitects.com](http://www.zahahadidarchitects.com) Accesada el 24/04/2010