

BIM +  
KMM =  
ARQ

Transferencia tecnológica y administración del conocimiento en arquitectura  
Impacto en la práctica profesional y desafío para la formación académica

Arquitecto: **Alejandro Moreira**

Director: Phillip Bernstein FAIA LEED  
Co Director: Dra. Arq. Cecilia Parera

**Maestría en Arquitectura**  
Mención en Teorías de la Arquitectura Contemporánea

Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo  
Universidad Nacional del Litoral

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO**

**MAESTRÍA EN ARQUITECTURA**

Mención en Teorías de la Arquitectura Contemporánea

Transferencia tecnológica y administración del conocimiento en arquitectura  
**Impacto en la práctica profesional y desafío para la formación académica**

Maestrando: Arq. Alejandro Moreira (UNL)

Director: Phillip G. Bernstein, FAIA (Yale U)

Co-Director: Dra. Arq. Cecilia Parera (UNL)

Santa Fe, Argentina

**2014**

### **Declaración de autoría**

Yo, **Alejandro Moreira**, declaro que soy autor del presente trabajo de tesis, "***Transferencia Tecnológica y Administración del Conocimiento en Arquitectura. Impacto en la práctica profesional y desafío para la formación académica***", que he realizado en su integridad y no lo he publicado para obtener otros grados o títulos. Declaro que he contado con la colaboración y las siguientes personas: Phillip Bernstein y Cecilia Parera, cuyas contribuciones quedan claramente expuestas en el texto.

## **Abstract**

In recent years, the availability and access to technological innovations have led to significant alterations in social manners. These changes have altered sensitive matters on different disciplines, and in particular have produced changes on the traditional methods of generating and controlling information of architectural projects.

In this new context, this thesis proposes that professional practice and academic education should address the complexity generated by the incorporation of new technologies. Both settings should recognize that the main problem caused by its denial is that it prevents actors involved in the process taking advantage of the benefits of its implementation. Therefore, they fail to meet the growing social demands for greater efficiency, lower energy consumption and minimizing the costs of the architecture projects, from design to building operation.

The development of the thesis focuses on the analysis of the information that is necessary to develop architectural projects, because this process is what makes possible the dynamic relationship between the social and the technological components involved in its development. Innovations in digital technology enable transdisciplinary and collective processes by altering traditional margins of the discipline to benefit the whole process of architecture design from available multidisciplinary knowledge.

To address the object of study, a qualitative and interpretative methodology was chosen, taking into account that the combination of quantitative and qualitative information gathered by primary and secondary sources will provide the basis for the development of the theoretical framework.

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| Declaración de autoría.....  | 1   |
| Abstract.....  | 2   |
| Resumen.....   | 3   |
| Introducción.....  | 4   |
| 1. Arquitectura y digitalización cultural.....   | 9   |
| Cultura digital  |     |
| Tecnología digital y arquitectura  |     |
| Tecnología digital y colaboración social   |     |
| 2. Knowledge management en arquitectura.....   | 26  |
| Valoración del conocimiento en el desarrollo de proyectos de arquitectura                    |     |
| Administración de conocimiento en el desarrollo de proyectos de arquitectura                 |     |
| 3. Arquitectura y tecnología. Una perspectiva histórica.....                                 | 41  |
| Vínculos entre arquitectura y tecnología   |     |
| Entre la negación y la euforia tecnológica   |     |
| Episodios anónimos de la cultura técnica arquitectónica                                      |     |
| 4. La comunicación de las intenciones de diseño.....   | 64  |
| Metodologías para la comunicación en los procesos de diseño                                  |     |
| Las imágenes como herramientas de comunicación en arquitectura                               |     |
| Evolución de las metodologías para la comunicación de los procesos de diseño. El caso de BIM |     |
| Reacciones de la disciplina  |     |
| 5. Arquitectura y práctica profesional.....  | 88  |
| Relación del arquitecto contemporáneo con las innovaciones tecnológicas                      |     |
| Innovaciones de la práctica arquitectónica. Optimización, eficiencia y sustentabilidad       |     |
| Incorporación de nuevas tecnologías en la arquitectura                                       |     |
| Simulaciones digitales de los edificios proyectados  |     |
| 6. Transferencia tecnológica en arquitectura.....  | 106 |
| El conocimiento al servicio de las necesidades   |     |
| El conocimiento como ADN de la arquitectura  |     |
| La Actor-Network Theory aplicada al proyecto arquitectónico                                  |     |
| Aportes finales.....   | 114 |
| Bibliografía .....   | 122 |
| Agradecimientos .....  | 128 |

## RESUMEN

En los últimos años, la disponibilidad y acceso a innovaciones tecnológicas han producido significativas alteraciones en los usos y costumbres de la sociedad. Estos cambios han modificado aspectos sensibles de diferentes disciplinas, y particularmente han generado incisiones en los tradicionales métodos de producción y control de la información en el desarrollo de proyectos de arquitectura.

En el marco de este inédito contexto, la tesis plantea que la práctica profesional y la formación académica deben preocuparse por entender la complejidad generada por la incorporación de nuevas tecnologías, asumiendo como principal problema que su negación impide que los actores involucrados en el proceso puedan aprovechar los beneficios de su implementación. En consecuencia, no logran satisfacer la creciente demanda social por mayor eficiencia, y menor consumo de energía y recursos económicos en el desarrollo de los proyectos, desde el diseño a su vida útil.

Reconociendo la creciente complejidad del proceso involucrado entre la manifestación de las intenciones de diseño y la culminación de la construcción en la práctica profesional contemporánea en Santa Fe, en particular, y en Argentina, en general, la tesis propone como hipótesis que la incorporación de innovaciones en tecnología digital y del *knowledge management* en la toma de decisiones lograrán optimizar el desempeño de los arquitectos y viabilizar procesos transdisciplinarios y colectivos.

Para abordar el objeto de estudio se eligió una metodología cualitativa e interpretativa, teniendo en consideración que la combinación de la información recolectada de fuentes primarias y secundarias constituirá la base para el desarrollo del marco conceptual y los aportes finales.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la disponibilidad y acceso a innovaciones tecnológicas han producido significativas alteraciones en los usos y costumbres de la sociedad. Estos cambios han modificado aspectos sensibles de diferentes disciplinas, y particularmente han generado incisiones en los tradicionales métodos de producción y control de la información en el desarrollo de proyectos de arquitectura.

En el marco de este inédito contexto, la presente tesis plantea que tanto la práctica profesional como la formación académica deben preocuparse por entender la complejidad generada por la incorporación de nuevas tecnologías en el entorno donde actúan, asumiendo como principal problema que su negación impide el aprovechamiento de los beneficios ya alcanzados por otras disciplinas. Los cambios gestados por las innovaciones tecnológicas y el *Knowledge Management* han alterado los modelos de trabajo vigentes, transformando las estructuras básicas de las organizaciones y las responsabilidades de los actores involucrados, como así también el marco de referencia de las actividades disciplinares. Cabe indicar que la indagación sobre la verdadera magnitud de las alteraciones verificadas en arquitectura, que esta tesis plantea, no pretende socavar las bases de la disciplina ni descuidar los aportes que pueden brindar la experiencia y las tradiciones; más bien, reconocer el contexto en el que se desarrolla la práctica profesional en la actualidad y revelar nuevas perspectivas a futuro.

Desde el Renacimiento, la arquitectura ha sido dividida entre el acto intelectual del diseño y la manifestación material de la construcción. En el marco de esta delimitación, el arquitecto no es la persona que construye los edificios, sino quien genera la información necesaria para que éstos sean construidos. Considerando la naturaleza desafiante de la internacionalización que enmarca la producción arquitectónica contemporánea, y comprendiendo que un proyecto de arquitectura es diseñado en semanas o meses, incluso a veces en lugares alejados del sitio donde será construido, el desafío que la práctica profesional debe enfrentar va más allá de crear un conjunto de abstracciones geométricas bidimensionales o una maqueta digital tridimensional que incluya la totalidad de la información disponible. Los arquitectos deben reforzar el vínculo con su contexto económico, tecnológico y cultural. No es posible desdeñar que las nuevas herramientas, técnicas y métodos disponibles siguen estando, como a lo largo de la historia, al servicio de un fenómeno

cultural mucho más amplio y profundo. De la misma manera que la producción escrita hace uso de distintas teorías para su desarrollo, esta tesis ejercita la incorporación de la tecnología como posible respuesta a múltiples preguntas, incluso sin proponer una solución única.

La presente línea de investigación explora el vínculo entre arquitectura y tecnología desde la perspectiva de la evolución en la comunicación de las intenciones de diseño, atendiendo particularmente a la generación y administración de información. La misma parte de reconocer que cada generación de profesionales comparte el propósito de crear una manifestación representativa de su tiempo, por lo que el desafío es introducir la importancia, las capacidades y las potencialidades del *knowledge management* y del *Building Information Modeling* en el mundo académico y la práctica profesional en Santa Fe, en particular, y en Argentina, en general. En la actualidad, los desafíos que inciden en la práctica profesional de la arquitectura van desde las crisis económicas a la necesidad urgente por construcciones más eficientes, accesibles y responsables con el consumo de recursos no renovables. El reconocimiento de estos retos conmina a los arquitectos a reconsiderar la relación actual entre las intenciones de diseño y las manifestaciones construidas, y al mismo tiempo el vínculo que éstas poseen con los habitantes y el desempeño medioambiental de los edificios que proyectan.

En relación a lo planteado, la tesis se concentra en el análisis de la producción de información necesaria para el desarrollo de los proyectos de arquitectura, no solo como herramienta de abstracción y representación, sino como estructura que posibilita la relación dinámica de los componentes sociales y tecnológicos involucrados en su desarrollo. Se reconoce que las innovaciones en tecnología digital posibilitan procesos transdisciplinarios y colectivos, consecuentemente más anónimos y menos aislados, alterando los márgenes disciplinares tradicionales para aprovechar mejor los conocimientos multidisciplinares disponibles mediante cruces de referencias. La principal hipótesis que fundamenta esta investigación considera a la “digitalización cultural” como una resultante de este escenario de avances tecnológicos, la que brinda la flexibilidad necesaria para seleccionar variables y reconsiderar parámetros de diseño. De esta manera se transforma en productora de ventajas comparativas, por generar y gestionar constantemente nuevos conocimientos, a la vez que advierte sobre de la necesidad de ampliar los parámetros desde donde entender teórica y conceptualmente la disciplina.

Tanto en países desarrollados como en otros en vías de desarrollo, como Argentina, la arquitectura se encuentra bajo una constante y saludable presión social, la que le demanda mayor eficiencia, menor consumo energético y menores costos desde la etapa de diseño hasta el funcionamiento del edificio. Este escenario afecta a la industria, la tecnología, la ingeniería, la construcción y la economía, por nombrar sectores que participan directa o indirectamente en el proceso. En particular, incide fundamentalmente en la práctica profesional de los arquitectos como actores principales, incluso en contextos como el local, con menor tradición en la incorporación de avances tecnológicos. Para poder entender correctamente el complejo escenario actual, la línea de investigación propuesta profundizará en las propiedades organizativas de los sistemas y métodos que están siendo utilizados para la comunicación y el control de las intenciones de diseño.

Para abordar la problemática detectada se eligió una metodología cualitativa, siendo que ofrece la posibilidad de comprender cuestiones subyacentes y no evidentes. Para el desarrollo de las actividades que se realizaron, en torno a los objetivos trazados, se partió de la necesidad de despejar los aspectos teóricos que definen al objeto de estudio, y posteriormente se estudiaron sus instrumentos de abordaje, sus beneficios y sus desventajas. Asimismo, se confrontaron los resultados obtenidos en la búsqueda de documentos, de los distintos tipos de registros y del material publicado relativo a la temática abordada. De esta manera, se dedujo una serie de nociones que dieron respuesta a preguntas iniciales, generando una nueva estructura de planteos.

El enfoque elegido fue interpretativo, formulando cuestionamientos de tipo exploratorio y teniendo presente la combinación entre información cuantitativa y cualitativa para operar tanto con datos mensurables -edificios, materiales, técnicas, medidas, documentación gráfica, etc.- como con información no cuantificable -teorías, opiniones, críticas, criterios, acciones, acontecimientos, etc.- Desde lo metodológico, se concretó un abordaje interpretativo, ya que se seleccionaron propuestas, estudios y estadísticas de instituciones reconocidas, tanto nacionales como internacionales, para construir un marco conceptual. Del análisis crítico de la relación entre ambos tipos de información, es que se ha producido el núcleo central del trabajo.

Respecto de las fuentes, el corpus estudiado se caracteriza por una renovación constante, por lo que su tratamiento ha debido ser flexible, dinámico y alternativo, en atención a su naturaleza innovadora. Debido a la condición particular de las innovaciones tecnológicas estudiadas, la mayoría

de los desarrollos teóricos están concentrados en análisis de casos, estadísticas e hipótesis que se renuevan constantemente. En consecuencia, el estudio y análisis de las fuentes se abordó desde un enfoque comparativo y crítico, que partió de un número acotado de líneas conceptuales, y, asimismo, avanzó con estadísticas actuales de relevancia. El análisis sistemático y crítico del material relevado permitió comprender exhaustivamente las implicancias de los hechos estudiados y permitió establecer conclusiones preliminares, las que sirvieron como insumos para continuar con la investigación y elaborar una propuesta interpretativa.

La profundización de las líneas conceptuales planteadas orienta la organización de la redacción final. El primer capítulo establece un marco de comprensión respecto del concepto de “digitalización cultural”, por considerar que naturalmente esta realidad influencia a la arquitectura, desde la enseñanza hasta la práctica profesional. En el segundo capítulo se examina el concepto de *knowledge management*, al tratarse de uno de los aspectos fundamentales que permite el funcionamiento de las organizaciones en el siglo XXI. En el tercer capítulo se propone un vínculo entre la arquitectura y la tecnología, reconociendo que ambas poseen aspectos multidimensionales, y al mismo tiempo se conforman como un sistema de conocimiento aplicado, sensible al volumen de información disponible. En particular, el estudio de arquitectura norteamericano *Skidmore, Owings and Merrill (SOM)* es adoptado como principal caso de estudio para analizar la exitosa incorporación de tecnología en sus desarrollos, reconociendo que casi ha sido olvidado en el debate historiográfico de la Arquitectura Moderna. En el cuarto capítulo se analiza la evolución de los métodos y tecnologías para la comunicación de las intenciones de diseño en arquitectura, con una mirada histórica atenta al proceso que se desarrolla desde la comunicación oral anterior al Renacimiento hasta las posibilidades brindadas por los sistemas digitales disponibles en la actualidad. En el quinto capítulo se reconoce el desafío planteado a la práctica profesional de la arquitectura en la actualidad, ante la demanda por incorporar prácticas multidisciplinarias, integradas y colaborativas. Finalmente, en el sexto capítulo se propone un estudio del conocimiento en su relación directa con la arquitectura y la tecnología. Atendiendo a que la arquitectura es una práctica global inmersa en un ecosistema informático instalado y avalado socialmente, este ejercicio de igualamiento permite poner el conocimiento disponible, tanto de la arquitectura como de los desarrollos tecnológicos, al servicio de las necesidades sociales, proporcionando las herramientas necesarias para promover, captar y difundir el capital intelectual de toda una organización, y posibilitando la generación y la clasificación

del conocimiento para el desarrollo de proyectos. Los conceptos desentrañados en los capítulos previamente mencionados constituyen el fundamento para la interpretación teórica y la propuesta conceptual definida en los Aportes finales, donde es introducida la *Actor-Network Theory*.

**CAPITULO 1**  
**ARQUITECTURA Y DIGITALIZACIÓN CULTURAL**

## **CULTURA DIGITAL**

La digitalización de la sociedad, entre otras condicionantes actuales como la crisis financiera, el calentamiento global o la inseguridad, producen cambios significativos en la manera como la ciudadanía se relaciona con su entorno, con otras personas y con la información que por distintos medios puede disponer. Este fenómeno naturalmente alcanza a la arquitectura, desde la enseñanza hasta la práctica profesional, por lo que no es posible aislarla del inestable escenario en donde actúa y proceder como si el contexto se mantuviese invariable. Así como gran cantidad de profesionales en la actualidad han debido modificar sus estrategias proyectuales para dar respuesta a la acotada disponibilidad de recursos naturales, de energía o de permeabilidad física; este nuevo entorno digital amerita, también, la introducción de profundos cambios.

Es importante entender la relevancia cultural que este ecosistema informático emergente tiene para la sociedad, ya que plantea su sustento en la impersonalidad, la flexibilidad y la integración, incorporando nuevas metodologías y un entramado complejo de relaciones. Este nuevo escenario requiere poner en duda algunas costumbres existentes, generando un espacio adecuado para la reflexión y entendiendo aquellos acontecimientos de la actualidad para los cuales la tradición no puede encontrar un marco de referencia, como sugiere Paul Seletsky:

*"The Digital Design Ecosystem can dynamically accelerate, recalculate, and reprioritize form based on needs, enabling varied iterative development and selection. Design is thereby transformed from a highly linear process into an elliptical one. A holistic landscape—similar to the gauges on an automobile dashboard, or the display monitoring a hospital patient's vital signs—enables a broader design purview through analysis, simulation, and dynamic 3D models, broadcast simultaneously across multiple screens"<sup>1</sup>.*

El mencionado ecosistema se manifiesta como un sistema social y tecnológico abierto que hace necesario articular miradas en correspondencia con el nuevo escenario. Al respecto, Antoine Picon reflexiona:

*"Our consumer-driven, digitally-equipped society functions through a series of short-circuits between the individual and the collective, as Nicholas Negroponte demonstrated in his 1995*

---

<sup>1</sup> Seletsky, P. "The Digital Design Ecosystem: Toward a Pre-Rational Architecture". En: *AECbytes Viewpoint* #37. April 8, 2008.

best- seller “*The Digital Condition*”<sup>2</sup>. Globalization is also based on these short-circuits, and is often described as a crisis of the intermediary levels between these two orders of reality”<sup>3</sup>.

La digitalización aquí planteada no supone por sí sola un cambio en los propósitos de la disciplina de la arquitectura, como son el de diseñar, proyectar y construir edificios para dar cobijo al entorno humano. Aunque se ha hablado en diversas oportunidades sobre la crisis disciplinar, afortunadamente la arquitectura es mucho más que una sumatoria de partes, y ha sabido sobrevivir por sí misma; de hecho, así ha sido a lo largo de la historia. Este planteo tampoco busca declarar el cierre de un ciclo, como se puede leer en el trabajo de Francis Fukuyama “*The end of History*”<sup>4</sup>, sino que, por el contrario, pretende reconocer los desafíos emergentes de la práctica profesional actual y discutir profundamente lo que significa ejercer la práctica de la arquitectura a principios del siglo XXI. La complejidad del planteo presentado exige inéditas maneras de buscar soluciones a los problemas, involucrando directamente el contexto, la tecnología y los recursos humanos.

Una de las características principales de esta complejidad es la simultaneidad con las que los acontecimientos deben ser considerados, debido a que provocan transformaciones que cotidianamente modifican las tradicionales estructuras establecidas, haciendo evidente el desconcierto y desorganización de la práctica tradicional. También permite ver que, ya sea por costumbre o por desconocimiento, se sigue adelante cuestionado muy poco acerca de ¿qué hacemos?, ¿cómo lo hacemos?, ¿con qué lo hacemos? y sobre todo, ¿por qué la arquitectura continua sin una profunda y clínica revisión de sus costumbres para el desarrollo de los proyectos?

La idea de tradición que se presenta en este trabajo, puede ser entendida en concordancia con Reyner Banham como: “*Un conjunto de conocimientos colectivos y no organizados racionalmente, que hacen referencia al saber popular*” presentado en la edición de marzo de 1960 de la revista “*The Architectural Review*”, como muestra la imagen IMG\_01-01.

*“Tradition means, not monumental Queen Anne, but the stock of general knowledge (including general scientific knowledge) which specialists assume as the ground of present practice and future progress. Technology represents its converse, the method of exploring, by means of the instrument of science, a potential which may at any moment make nonsense of all existing general knowledge, and so of the ideas founded on it. even 'basic' ideas like house, city,*

---

<sup>2</sup> Negroponte, N. *Being Digital*. New York. A. Knopf. 1995.

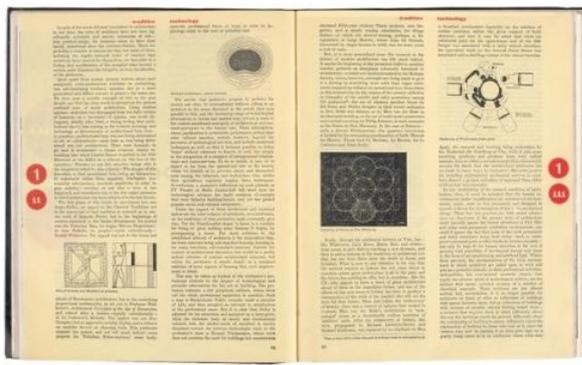
<sup>3</sup> Picon, A. *The Return of Utopia. Contemporary Architecture and the Quest for Political and Social Meaning*. Cambridge, Harvard & Ecole des Ponts et Chaussées. 2008.

<sup>4</sup> Fukuyama, F. *The End of History and the Last Man*. New York, Free Press, 1992.

*building. For the first time in history, the world of what is suddenly torn by the discovery that what could be is no longer dependent on what was*<sup>5</sup>.

En oposición a la idea de tradición, el autor planteaba que la tecnología constituía lo contrario, un método de explorar un potencial que puede hacer perder sentido al conocimiento existente, incluso a ideas básicas como “casa”, “ciudad” o “edificio”. Hace ya más de medio siglo, Banham anunciaba que “*bajo el impacto de estos cambios intelectuales y técnicos, la sólida confianza de los arquitectos, y de la arquitectura como profesión, en las tradiciones de la misma, tendrá que desaparecer*”<sup>6</sup>.

### Tecnología versus Tradición



"Throughout the present century architects have made fetishes of technological and scientific concepts out of context and have been disappointed by them when they developed according to the processes of technical development, not according to the hopes of architects. A generation ago, it was "The Machine" that let architects down – tomorrow or the day after it will be "The Computer", or Cybernetics or Topology."

Reyner Banham, *The Architectural Review*, March 1960

Fuente: *The Architectural review. Troubles in Theory Part III: The Great Divide: Technology vs Tradition.* Anthony Vidler 2012.

IMG\_01-01

Existen variadas y heterogéneas opiniones que sugieren que la creciente digitalización cultural en arquitectura, como consecuencia directa de la influencia del ecosistema informático antes mencionado, se presenta apenas como un gesto técnico o una herramienta que ayuda al diseñador, sin intervenir en la naturaleza de su producción. Otras perspectivas, sin embargo, sí la destacan. Tal es el caso de la opinión planteada por Sarah Whiting –decana de Rice School of Architecture y profesora del área de teoría de la arquitectura en numerosas universidades norteamericanas- en la conferencia *Future of Design*<sup>7</sup>, desarrollada en el *Taubman College of Architecture and Urban*

<sup>5</sup> Banham, R. "Stocktaking of the Impact of Tradition and Technology on Architecture Today". En: *The Architectural Review*, Londres, febrero de 1960, p. 48.

<sup>6</sup> Cf. Maluenda, A. "Tradicón versus tecnología: un debate tibio en las revistas españolas". En: *Actas del Congreso Internacional Arquitectura, ciudad e ideología antiurbana*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, marzo de 2002, p. 102.

<sup>7</sup> Conferencia: "Future of Design". Michigan, 2009. Disponible en: <http://youtu.be/Txe4qiD-NxE> Última visita: 01/03/2014.

Planning de la *University of Michigan* en 2009. En su alocución intentó describir aspectos conceptuales del quehacer arquitectónico y planteó la necesidad de construir el devenir de la disciplina desde el presente, evitando respuestas futuristas, o bien nostálgicas.

También resulta relevante el artículo “*Going Public*” de Whiting, donde presenta una serie de planteos que constituyen un sólido soporte en el desarrollo de la presente tesis.

*“Of course, it is hard not to be nostalgic for the radicality of the late 1960s, 70s and 80s. And those working during that period were in turn nostalgic for the radicality of the 1910s, 20s and 30s. Juxtaposition, collage, rotation, dissection, assemblage, and other strategies were the “something borrowed, something new” for the second generation or neo-avant-garde — a new beginning that digested history as it decidedly stepped into the future. Rather than render repetition redundant, which is what the superficial borrowing of these strategies does today, it is time to recognize them as a means embedded in a historical moment, not a timeless endpoint”<sup>8</sup>.*

Entre otras voces que tratan de entender el convulsionado presente, es importante destacar el simposio desarrollado en 2012 en la *Yale School of Architecture* de la *University of Yale*, con un más que intrigante título, “*¿Ha muerto el dibujo?*”<sup>9</sup>. Este encuentro científico contó con la participación de destacados representantes de la disciplina, como Massimo Scolari, Peter Cook, Greg Lynn, Juhani Pallasmaa, Patrik Schumacher, Michael Graves, Mario Carpo y Antoine Picon, entre otros. Lo más relevante del evento, por lo menos para contribuir con el objetivo de este trabajo de tesis, fue el haber puesto en discusión aspectos hasta ahora poco interrogados de la práctica arquitectónica. La imagen IMG\_01-02 ilustra la convocatoria que dio el marco de referencia a las exposiciones, en cuyos lineamientos se planteaba:

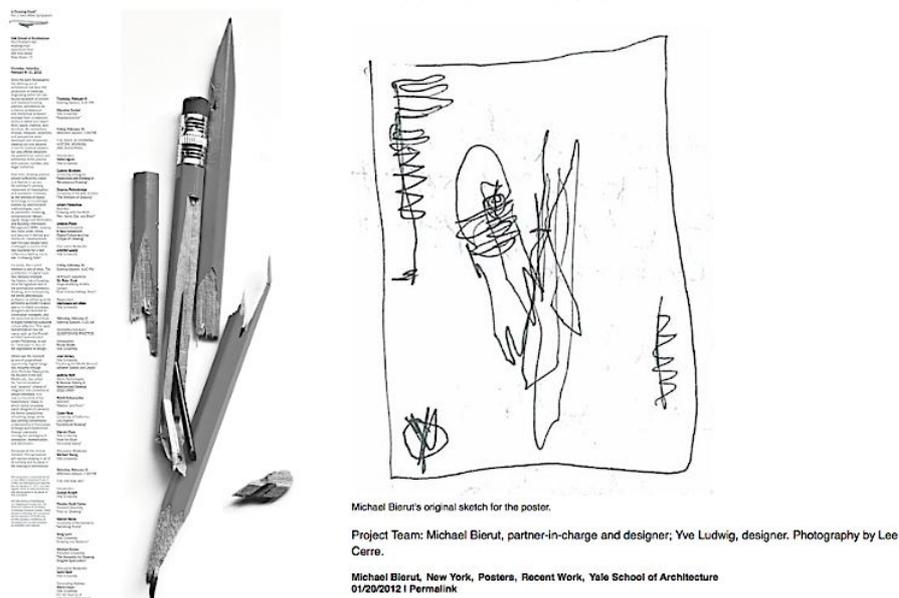
*“Since the early Renaissance the defining act of architecture has been the production of drawings. Originating within the site-bound paradigm of ancient and medieval building practice, architecture as a distinct professional and intellectual endeavor emerged from a newfound ability to define and depict form, space, material, and structure. As conventions of scale, measure, projection, and perspective were developed and sharpened, drawing not only became a tool for creative ideation but also offered designers the potential for control and authorship of the process with patrons, builders, and larger audiences. Over time, drawing practice proved sufficiently stable and flexible to remain the architect’s primary instrument of investigation and expression. However, as the promise of digital technology is increasingly fulfilled by sophisticated methodologies, such as parametric modeling, computational design, digital design and fabrication, and Building Information Management (BIM), drawing has come under stress and become ill-defined and moribund. Developments over the past decade have challenged a practice that has flourished for a half millennium leading one to ask: Is drawing dead?”<sup>10</sup>.*

<sup>8</sup> Whiting, S. “Going Public”. En: *Hunch* n° 6/7, 2003, Berlage Institute Report, p. 497-502.

<sup>9</sup> Simposio: “Is Drawing Dead?”. Yale School of Architecture, 2012. Disponible en: <https://itunes.apple.com/us/itunes-u/is-drawing-dead-ysoa-symposium/id514592160> Última visita 01/03/2014.

<sup>10</sup> Idem.

## Miradas hacia el futuro



Michael Bierut's original sketch for the poster.

Project Team: Michael Bierut, partner-in-charge and designer; Yve Ludwig, designer. Photography by Lee Cerre.

Michael Bierut, New York, Posters, Recent Work, Yale School of Architecture  
01/20/2012 | Permalink

Fuente: Symposia Spring 2012. Is Drawing Dead?. Yale School of Architecture. University of Yale. 2012

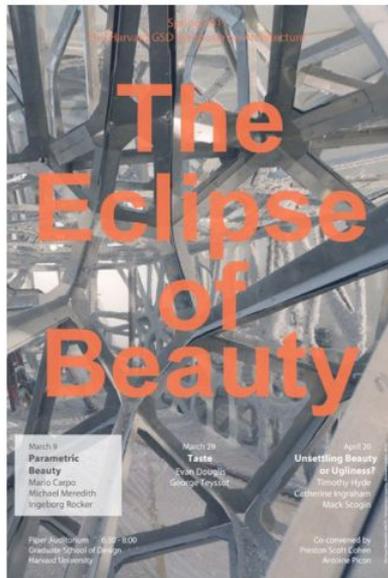
IMG\_01-02

Resulta interesante referir que el mencionado simposio fue planteado como continuación de otro encuentro de similar importancia, el que también abordó temas hasta el momento considerados opuestos al apego a la tradición en la arquitectura. Este primer evento, “*El eclipse de la belleza: la belleza paramétrica*”<sup>11</sup>, que había puesto en discusión nada más ni nada menos que el tradicional concepto de belleza en arquitectura, había tenido lugar en la *Graduate School of Design* de la *University of Harvard*, y contó con la participación de Mario Carpo, Ingebor Rocker y Patric Schumacher, entre otros, siendo moderado por Prescott Scot Cohen y Antoine Picon. En la misma convocatoria del evento, reproducido en la imagen IMG\_01-03, se planteaban los temas de debate<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Conferencia: “The Eclipse of Beauty: Parametric Beauty”. Harvard University, 2011. Disponible en: <http://youtu.be/OxN4LWPlwX8> Última visita 01/03/2014.

<sup>12</sup> Idem.

## La Belleza revisada



"What has happened to architectural beauty? It used to be the fundamental value of architectural theory and practice, the touchstone of every conceivable achievement for a discipline that considered itself primarily as an art. Today, the word is seldom pronounced by theorists and professionals, at least in public. Even critics and historians tend to avoid the loaded term."

"What has happened to architectural beauty? Its eclipse is all the more surprising given that architectural aesthetics is everywhere. The architectural star-system is to a large extent based on signature forms that herald the originality of their authors. The so-called "Guggenheim effect" has fundamentally to do with the visual seduction exerted by Frank Gehry's project on a large public, from connoisseurs to simple passers-by. It has paved the way for all sorts of prestigious architectural commissions, often linked to the cultural sector, museums, libraries, opera houses requiring visually striking answers that can be appreciated by a broad audience. Usually entrusted to a relatively small cohort of elite architects, these commissions nevertheless contribute to define the tone of contemporary architectural debate. Even if the term beauty is rarely invoked to characterize their power of seduction, the aesthetic dimension plays a determining role."

Fuente: Harvard GSD Symposia on Architecture / The Eclipse of Beauty: Parametric Beauty (with Mario Carpo, Michael Meredith, and Ingeborg Rocker.) Symposium co-convened by Antoine Picon and Preston Scott Cohen.

IMG\_01-03

Estos encuentros, realizados en reconocidas instituciones educativas, dejaron en claro aspectos de la disciplina que deben ser analizados desde perspectivas inéditas e innovadoras. Como señala Antoine Picon, la digitalización, como consecuencia directa del uso de computadoras, ha generado una extensión del pensamiento que altera la percepción de los objetos:

*"With the new interfaces that are developing today, it will soon affect our motor schemes. It is already striking to observe how the mere use of a mouse has created new kinds of gestures. Our very perception of space will in its turn be affected by these very physical changes"*<sup>13</sup>.

El ecosistema informático al que se hace referencia también manifiesta un impulso tanto desde lo cuantitativo como lo cualitativo. Prueba de ellos es el incremento en el uso de computadoras personales, que creció más de 1600% entre 1990 y 2010<sup>14</sup>. Similarmente, aumentó el desarrollo de aplicaciones que permiten aprovechar la potencia de estos equipos para realizar operaciones rutinarias, como por ejemplo planillas de cálculo e instrumentos de asistencia a procesos de diseño. También evidencia esta tendencia el crecimiento de alrededor de 1000% en el número de servidores

<sup>13</sup> Picon, A. "Architecture and the virtual. Toward a new materiality". En: *Praxis Journal of Writing and Building*, n° 6, 2004, p. 109.

<sup>14</sup> Reimer, J. "Personal Computer Market Share: 1975–2004". Disponible en: [www.arstechnica.com](http://www.arstechnica.com) Última visita 01/03/2014.

de internet, que pasó de unos 10.000 en 1987 a casi 100.000 en 1989 y hasta el billón de la actualidad<sup>15</sup>. En la actualidad y debido a la masividad detectada globalmente, no sería prudente dejar de mencionar los más contemporáneos avances en *Mobile Information Technology*, que posicionan a Argentina como uno de los países con mayor número de celulares por habitante. En relación a lo planteado, si se considera el acceso a las denominadas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –las TICs–, ya sea en Argentina, Chile o Uruguay los valores son cercanos a aquellos observados en países más desarrollados. En Argentina, por ejemplo, casi 13 millones de personas mayores de 15 años acceden a Internet desde su hogar o lugar trabajo, consumiendo un promedio de 27 horas online al mes. Esta cuestión es relevante al considerar el uso de las redes sociales, donde *Facebook* se ha establecido como la red social líder en América Latina por un amplio margen, con 115,5 millones de visitantes en noviembre de 2012 y siendo Argentina el líder si se tiene en cuenta el total de su población. De hecho, Argentina ocupa el tercer lugar en la penetración de *Facebook* en todo el mundo, ya que se espera que un 62% de usuarios de Internet utilice esta red en 2012, superando EEUU (59%) y Canadá (61%). Desde los *blogs*, propiciados por la denominada Web 2.0 o Web Semántica<sup>16</sup>, pasando por el acceso a sitios de almacenamiento masivo de datos como *SkyDrive* o *DropBox*, por mencionar solo algunos, hacen que la información sea accesible de maneras muy diferentes y a públicos muy variados. Las nuevas posibilidades de administración de información son utilizadas incluso por aquellos que no admiten estar atravesando una época donde el valor de la información puede asimilarse al valor del dinero. Sin reconocerlo, los “tecnofóbicos” –cuya aparente indiferencia a los avances informáticos “roza lo grotesco”<sup>17</sup>– aprovechan sus múltiples beneficios, usando dispositivos con conectividad satelital tipo *Global Positioning System (GPS)*, o teléfonos con tecnología *Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE)*, para sus comunicaciones o bajando de internet material colectivamente desarrollado para explicar sus ideas.

## **TECNOLOGÍA DIGITAL Y ARQUITECTURA**

---

<sup>15</sup> "Computers reach one billion mark". Gartner Dataquest, BBC News. 01/7/2002. Disponible en: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2077986.stm> Última visita 01/03/2014.

<sup>16</sup> Shadbolt, N.; Hall, W. *The Semantic Web Revisited*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology and IEEE Computer Society, 2006.

<sup>17</sup> Ortega, L. *La digitalización toma el mando*. Barcelona, Gustavo Gilli, 2009, p. 8.

La digitalización cultural ha puesto de manifiesto el recelo que tiene un número importante de arquitectos en cuanto a la implementación de innovaciones en tecnología digital en los procesos de diseño, a diferencia de disciplinas más permeables a revisar constantemente sus procesos, como puede ser la ingeniería aeronáutica o la industria automotriz. Un caso elocuente es el de la automotriz estadounidense *General Motors*, cuyos directivos, interesados en determinar el grado de sofisticación que podían alcanzar los gráficos hechos en computadora, profundizaron sus desarrollos para poder evaluar si eran viables de ser incorporados al diseño de sus vehículos, y así obtener mejoras en el diseño y la calidad final del producto. En consecuencia, desde finales de los años 1950, *General Motors Research* empezó a trabajar en un proyecto de investigación llamado *Design Augmented by Computers (DAC-1)*.

Son numerosos los campos de aplicación en los que la incorporación de este tipo de avances en tecnología digital han favorecido el desarrollo de productos en lo relativo a ideación y proyecto, logrando mayor dinamismo, flexibilidad para la generación de información y mejor relación entre recursos humanos y los tiempos involucrados<sup>18</sup>. Cabe señalar que, si bien la incorporación de este tipo de avances en el desarrollo de proyectos en arquitectura experimentó un comienzo auspicioso – como resultó el lanzamiento de *Autocad* en 1982-, similar al de otras disciplinas en cuanto a flexibilidad para la generación de información, no cambió en esencia la utilización de metodologías para el desarrollo de proyectos de arquitectura basadas en la separación entre diseño y construcción planteada por Alberti en el Renacimiento –cuestión que será profundizada en el capítulo 4- y que ya han demostrado una muy baja productividad durante la construcción. Contribuye a señalar estas falencias el estudio realizado en el *Department of Civil and Environmental Engineering* de la *Stanford University*, en el que se destaca que:

*“The productivity of the construction industry, as measured by constant contract dollars of new construction work per hourly work hour, has gradually declined -with some modest exceptions- over the past 40 years at an average compound rate of -0.59%/year. This is particularly alarming when compared to the increasing labor productivity in all non-farm industries, which have experienced an increasing productivity of 1.77%/year over the same time period. Over the*

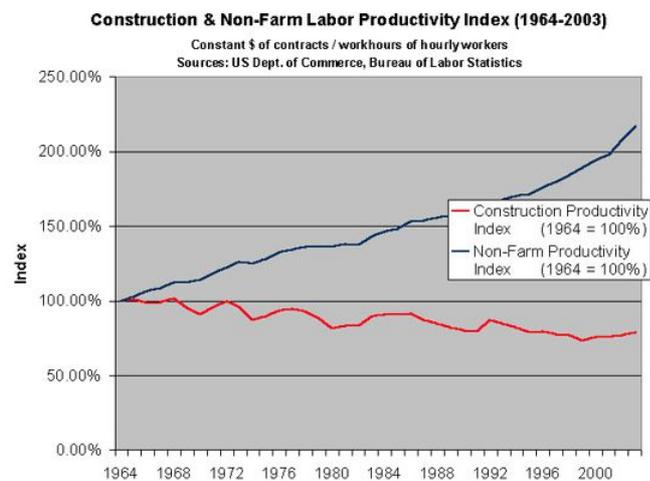
---

<sup>18</sup> DAC-1 (Design Augmented by Computer) 1964; Lockheed projects; Bell GRAPHIC 1 and at Renault (Bézier). MCS (Manufacturing and Consulting Services Inc.) in 1971 by Dr. P. J. Hanratty. También por el mismo autor, ADAM (Automated Drafting And Machining). Lo más importante fue el código resultante, que luego fuera suministrado a empresas tales como McDonnell Douglas (Unigraphics), Computervision (CADDs), Calma, Gerber, Autotrol y Control Data. CAD systems United Computing, Intergraph, IBM, Intergraph IGDS in 1974 (que dio lugar a Bentley Systems MicroStation in 1984).

*past decade, this trend has slightly improved but the decline in construction labor productivity relative to the rest of the industry has continued*<sup>19</sup>.

La imagen IMG\_01-04 muestra el incremento en la productividad de los procesos industrializados y la pérdida que se manifiesta en los procesos constructivos tradicionales. Estos reportes han sido concluyentes, reconociendo que la implementación de nuevas metodologías de proyecto será determinante para mitigar los sobre costos detectados por el uso de las metodologías tradicionales.

### **Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies. CIFE**



Fuente: AECbytes Viewpoint #4 (April 14, 2004)

IMG\_01-04

Estos resultados exigen repensar y cuestionar profunda y clínicamente las metodologías utilizadas actualmente. La imagen IMG\_01-05 ilustra el volumen de desperdicios y la relación entre estos y el valor generado por los procesos industrializados y los no industrializados, permitiendo claramente identificar los más eficientes. Es necesario destacar que si bien estas son cuestiones mínimamente exploradas por la arquitectura, para poder entender el complejo escenario de la práctica arquitectónica en la actualidad y poder brindar mejores y más actualizados servicios profesionales a la sociedad, es necesario realizar profundas e incómodas revisiones sobre arraigadas costumbres.

<sup>19</sup> Teicholz, P. "Ph.D. Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies". En: *AECbytes Viewpoint*, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, #4, april 14, 2004.

## Productividad y Eficiencia en Procesos



Fuente: National Institute of Building Science. Gráfico del autor

IMG\_01-05

### TECNOLOGÍA DIGITAL Y COLABORACIÓN SOCIAL

En general, la colaboración social es un proceso que implica exponer ideas singulares a un grupo de participantes para que éstas puedan ser validadas o eliminadas. En esta exposición de ideas es donde se obtienen grandes volúmenes de información, los que contribuyen a mejorar el entendimiento del fenómeno que se está analizando. A su vez, moviliza el conocimiento disponible por fuera de la esfera de lo tácito, para hacerlo relativamente explícito y utilizable para un mayor número de personas y actividades<sup>20</sup>.

En la actualidad, la digitalización cultural ofrece un entorno más que propicio para actividades colaborativas, debido a que los participantes pueden contribuir de manera menos aislada, cada uno desde su especialidad. De esta manera, se logra evitar ser juzgados sólo por los tradicionales cánones establecidos para el flujo de conocimiento; sean éstos, desde el que supuestamente “más sabe”, las personas de mayor edad, al que supuestamente “menos sabe”, las personas de menor edad. Las metodologías de interacción social que se apoyan en innovaciones en tecnología digital recogen una gran cantidad de información, basándose en la idea de que un grupo de personas, sin

<sup>20</sup> Conferencia: “The Eclipse of Beauty: Parametric Beauty”. Op. cit.

importar las edades de sus integrantes, posee mayor capacidad para resolver distintas situaciones que individuos actuando de manera desconectada.

Esta idea de interacción como “inteligencia colectiva” resulta particularmente eficaz debido a que la gente puede aportar simultáneamente conocimientos desde especialidades muy diversas, para un mismo objetivo, como define el *Center for Collective Intelligence* del *Massachusetts Institute of Technology*:

*“With new information technologies—especially the Internet—it is now possible to harness the intelligence of huge numbers of people, connected in very different ways and on a much larger scale than has ever been possible before. In order to take advantage of these possibilities, however, we need to understand what the possibilities are in a much deeper way than we do so far”<sup>21</sup>.*

Como ha sido referido, la colaboración presentada aquí como dinamizadora del conocimiento disponible, puede manifestarse de manera explícita o tácita. La manifestación explícita de los procesos colaborativos permite trabajar colectivamente para evaluar, compartir y construir diferentes tareas, mientras que la manifestación tácita permite que los usuarios puedan resolver un problema como si se tratara de un efecto imprevisto de lo que se está desarrollando en primera instancia. En este contexto de colaboración, es necesario que lo tácito se sume a lo explícito, aumentando el volumen de información disponible y construyendo evidencia para la resolución de inconvenientes. La colaboración se presenta como un instrumento eficaz para resolver problemas inéditos en arquitectura, ya que de otra manera serían insuficientemente tratados desde un abordaje individual y segmentado, cuestión que ya ha sido profusamente estudiado desde los años 1950 en relación a los *mass media*<sup>22</sup>. Como lo muestra la imagen IMG\_01-06, compartir conocimiento es uno de los rasgos más importante de los trabajos colaborativos, por su capacidad de operar entre lo tácito y lo explícito. Con el aporte de las costumbres, la tradición y la experiencia no es suficiente, es necesario incorporar análisis, innovación y experimento a la ecuación.

---

<sup>21</sup> Massachusetts Institute of Technology. Center for Collective Intelligence. El Centro de Inteligencia Colectiva reúne a profesores de MIT para realizar investigaciones sobre cómo las nuevas tecnologías de la comunicación están cambiando la manera de trabajar integrados. Por su fundamentos, visitar: [www.cci.mit.edu](http://www.cci.mit.edu) Última visita: 01/03/2014.

<sup>22</sup> El crítico de arte Lawrence Alloway señalaba que el motivo por el que los humanistas habían perdido su poder sobre el público radicaba en su incapacidad de manejar la tecnología, por sus propios prejuicios antitecnológicos. Alloway, L. “The long front of culture”. En: *Cambridge Opinion*, n° 17, 1959.

### Diferentes Rangos del Conocimiento



Fuente: AECbytes Viewpoint #41 (2008). A Case for Knowledge Management in the A/E Industry. Gráfico del autor

IMG\_01-06

Un ejemplo de esta realidad es la demanda en favor de mayor optimización y eficiencia que la sociedad exige a la arquitectura como disciplina, y a los arquitectos como actores principales. Difícilmente estas demandas puedan ser enfrentadas restringiendo el abordaje a conceptos de *partí*, *taxís*, sistema general estructurante o inclusive el uso de representaciones geométricas bidimensionales que no atienden al consumo energético, al plan de inversiones o a la organización de los trabajos necesarios para edificar las obras propuestas. Si se reconoce que el actual contexto social, económico y cultural se ha transformado, también es importante comprender que es incompleto diseñar como en el siglo XIX y construir con herramientas del siglo XX para solucionar problemas del siglo XXI. Este argumento es presentado por Sarah Whiting en su artículo “*Going Public*” donde advierte, quizás indirectamente, que “*el mirar constantemente hacia atrás, a veces nos ofrece solo promesas obsoletas en vez de poner nuestras energías en la producción de nuevos desafíos*”<sup>23</sup>.

La transformación resultante de la digitalización cultural que se presenta en este trabajo es operativa, y simultáneamente tecnológica, de pensamiento y de *knowledge management*. En la era de la información, los flujos de datos disponibles son casi inmanejables, de manera que el principal

<sup>23</sup> Whiting, S. “*Going Public*”. Op. cit.

desafío es administrar ese tráfico e implementarlo constantemente. Algunos reportes, como el denominado "*How much information*"<sup>24</sup>, indicaban en 2003 que solo alrededor del 7% de la nueva información producida era impresa, revelando un cambio en los procesos utilizados para el intercambio de conocimientos. Esta tendencia ha sido transversal a muchas disciplinas, incluyendo a la arquitectura, y profundizó el escenario de desajuste en relación a la transferencia tecnológica. Los parámetros de baja productividad que habían sido puestos en consideración en los reportes antes mencionados y el constante aumento de usuarios de internet hicieron más notorio el cambio en los métodos y medios utilizados en la generación y administración de la información<sup>25</sup>. Esto reforzó la idea de estar viviendo en un nuevo tipo de sociedad, basada en la información, donde la posesión de ésta es quizás más vital que la posesión de bienes físicos. En algunos casos se podría afirmar, en sintonía con el economista Glyn Bowden, que poseer información puede equipararse a poseer dinero, si se sabe cómo administrarla<sup>26</sup>. La innegable penetración global de internet ha alterado en diferentes niveles la manera de hacer las cosas; esta incesante implementación se muestra transversal al país de aplicación, condición por la cual, animarse a discutir el presente de la arquitectura ya no debería ser una imposición, sino un anhelo disciplinar acorde a las demandas de la actualidad.

Como puede ser analizado en la imagen IMG\_01-07, los desarrollos lineales y fragmentados tienden a resultar en procesos ineficientes por la falta de cruces de información que permitan poner en valor cada aporte. Por el contrario, los sistemas multidimensionales generan vínculos con beneficios recíprocos, apoyados en metodologías basadas en la integración y colaboración tecnológica, para administrar la información disponible y así lograr que sea conveniente y necesaria para obtener procesos eficientes en arquitectura.

---

<sup>24</sup> Charles, P.; Good, N.; Lamar Jordan, L.; Pal, J. *How much information?* Berkeley, University of California, 2003, p. 112.

<sup>25</sup> De Sola Pool, I. "Tracking the Flow of Information". En: *Science*, vol. 221, n° 4611, 1983, p. 609-619.

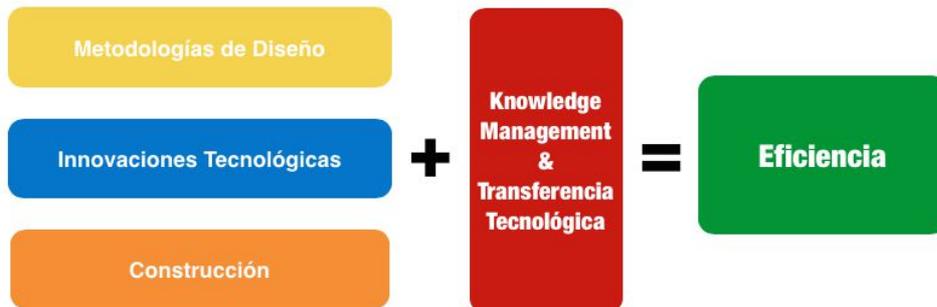
<sup>26</sup> Bowden, G. "Information is money". En: *Storage Networking Industry Association Europe*, October 2012, p. 12.

## Metodología Tradicional y Práctica Integrada

### Metodología Tradicional



### Metodología basada en la Integración y Colaboración Tecnológica



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_01-07

En esta línea, es significativa y muy clara la postura de Sarah Whiting quien se opone al ya comentado abordaje lineal de la arquitectura. La autora considera que esta allanada acometida desplaza las búsquedas por fuera de la disciplina. En esta línea, opina que no basta con ofrecer una visión “gramatical”, es decir, una lectura descriptiva y analítica de las obras de arquitectura; más bien, que hay que indagar desde adentro<sup>27</sup>. Para evitar el desplazamiento mencionado, propone un abordaje transdisciplinar que permita involucrar diferentes conceptos y hacerlos converger. La transversalidad, además de utilizar conceptos y métodos provenientes de diferentes disciplinas, elabora conceptos y métodos propios, que no se identifican con ninguna disciplina en particular. Los resultados tampoco son asimilables a ninguna de las disciplinas reconocidas, ni a las formas previas de generar conocimiento. En consecuencia, este enfoque transdisciplinario se caracteriza por no partir de marcos conceptuales cerrados que enmarcan cada disciplina en particular, sino que trata de abrir un espacio de discusión coincidente pero no homogéneo. De esta manera es posible cruzar evidencia no relacionada entre sí, destacando que el saber no es neutral o independiente de cualquier condicionamiento social e histórico. La imagen IMG\_01-08 permite identificar una mínima relación entre actores, representaciones y reglamentos en el marco de un sistema lineal tradicional,

<sup>27</sup> Conferencia: “The future of design”. Op. cit.

mientras que la imagen IMG\_01-09 detalla las particularidades de un sistema integrado, el que supone una gran cantidad de instancias proyectuales para poder lograr un equilibrio entre cada uno de los aportes y entre sus relaciones directas e indirectas.



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_01-08



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_01-09

El pretendido equilibrio entre las instancias proyectuales que se relacionan directa e indirectamente en el desarrollo de proyectos de la actualidad debe necesariamente dar cuenta de su

responsabilidad social, respondiendo por la utilización de recursos no renovables<sup>28</sup>, la relocalización de estructuras, la administración eficiente de la basura y los cambios operados sobre el entorno construido.

Es necesario entender este emergente contexto de intervención para la arquitectura y la responsabilidad que adquiere la profesión del arquitecto. En la actualidad, el arquitecto debe interesarse cada vez más por aspectos que hasta el momento han sido considerados solo como relaciones indirectas de la profesión, tales como optimización, eficiencia, consumo energético y desarrollos sustentables.

Este tipo de reflexiones ha sido planteado también por reconocidos teóricos de la arquitectura, convergiendo en la necesidad de redefinir el estado de arte de la profesión, como Ignasi de Solà Morales al afirmar que "*...pensar que puede acotarse un espacio de análisis, de problematización y de articulación interna de la disciplina al margen de las corrientes de pensamiento contemporáneo es un puro engaño, un defensivo posicionamiento que autoexcluye la arquitectura y los arquitectos del universo de la cultura*"<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> Siendo que Argentina es firmante del Protocolo de Kioto, debe reducir las emisiones de seis gases que causan el efecto invernadero y contribuyen al calentamiento global del planeta. Además, Argentina ratificó su adhesión en 2001, la cual entro en vigencia en 2005, comprometiéndose a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 5% durante el periodo 2008 - 2012 respecto de 1990.

<sup>29</sup> Solà Morales, I. "Sadomasoquismo. Crítica y práctica arquitectónica". En: *Diferencias. Topografía de la arquitectura contemporánea*. Barcelona. G. Gili. 2003.

**CAPITULO 02**  
**KNOWLEDGE MANAGEMENT EN ARQUITECTURA**

## **VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA**

El *Knowledge Management* es el proceso por el cual distintos miembros de un equipo de trabajo pueden aprovechar al máximo sus capacidades, siendo que promueve y facilita un intercambio apropiado de información. Este concepto se ha tornado imprescindible para el funcionamiento de las organizaciones en el siglo XXI, desempeñando un papel crítico en cualquier proceso de transferencia de conocimiento. Para esta línea argumental, resulta necesario definir el tema a partir de una serie de autores directamente comprometidos con su análisis. Harry Scarbrough, Jacky Swan y John Preston señalan que "...el conocimiento es tal vez mejor entendido como multidimensional y multifacético, incluye la cognición, la acción y los recursos, también las relaciones sociales"<sup>30</sup>. En la misma línea, Frank Blackler menciona que "...el conocimiento es polifacético y complejo, real y abstracto, implícito y explícito, colectivo e individual, físico y mental, dinámico y estático, verbal y codificado"<sup>31</sup>. Como se ilustra en la imagen IMG\_02-01, el conocimiento, entendido como relación entre partes, es multidimensional y las relaciones entre éstas no son directas, sino que al actuar en una organización de actores que participan, como una red, contribuyen a la generación de conocimientos. Estos vínculos se relacionan dinámicamente unos con otros para poder establecer el resultado esperado, poniendo al conocimiento procesado al servicio de las necesidades.

---

<sup>30</sup> Scarbrough, H.; Swan, J.; Preston, J. *Knowledge Management: A Literature Review*. Londres, Institute of Personnel and Development, 1999.

<sup>31</sup> Blackler, F. "Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An overview and Interpretation". En: *Organization Studies*, 16 (6), 1995, p. 1021.

**Knowledge Management**  
**Dimensiones del conocimiento que participan en desarrollo de proyectos**



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-01

Lo antes mencionado es evidente al observar los diferentes tipos de conocimiento a los que se debe tener acceso para administrar, compartir y transferir la información, graficados en la imagen IMG\_02-02. Estos pueden ser el “conocimiento personal” o saber qué hacer, el “conocimiento procedimental” o cómo hacer alguna cosa, o también el “conocimiento científico” o saber el porqué de las cosas. El “conocimiento personal”, en este sentido, tiene que ver con estar familiarizado con algo de un modo particular, personal, pero no necesariamente con saber cómo ni tampoco porqué; entendiendo en el porqué la base del hecho primario. Este “conocimiento personal” puede relacionarse con acciones arraigadas en las costumbres, donde la tradición se acepta sin mediar mayores cuestionamientos acerca de la validez, vigencia o confiabilidad de cada incorporación. En cuanto al “conocimiento procedimental”, las personas que dicen saber cómo hacer algunas cosas, no necesariamente entienden la teoría involucrada en esas actividades, solo pueden afirmar con limitada precisión que poseen las habilidades necesarias para algo, sin entender cabalmente de qué se trata eso que pueden hacer con cierta facilidad y frecuentemente buenos resultados. Por último, el “conocimiento científico” requiere de una afirmación validada por mediciones externas, a partir de la cual se puede corroborar que lo que se dice conocer y saber hacer; de hecho, puede ser comprobado posteriormente conjugando propuestas y resultados. La característica más relevante

del “conocimiento de los hechos” es que no garantiza ni el “conocimiento personal” ni el “conocimiento procedimental”. Más allá de las diferencias señaladas, el “conocimiento científico” es el que permite ser trazado<sup>32</sup>, y el que brinda el mayor rango posible de conexiones. Esto se debe a su capacidad de establecer relaciones directas e indirectas, incorporando el “conocimiento personal” y el “conocimiento procedimental” con el fin de descubrir las pautas necesarias para proponer soluciones a posibles problemas<sup>33</sup>.



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-02

El *Knowledge Management* constituye un campo de estudio y aplicación amplio, si bien verifica un desarrollo relativamente joven. Surgido en las últimas décadas del siglo XX como un espacio de convergencia de pautas y criterios para la gestión de las organizaciones, el concepto se ha consolidado más recientemente como un tema de estudio para la transferencia de conocimiento académico. Su naturaleza generalista permite que sea transversal a muchas disciplinas, incluida la arquitectura, porque aborda el *management* en la mayoría de sus aplicaciones, ya sea como *project management*, *organizational management*, *facility management* o *information management*. Esto es evidenciado en distintos estudios, como los realizados en el *Creating, Sustaining and Disseminating Knowledge for Sustainable Construction: Tools, Methods and Architecture*, de la *University of Loughborough*, donde sus autores plantean que:

---

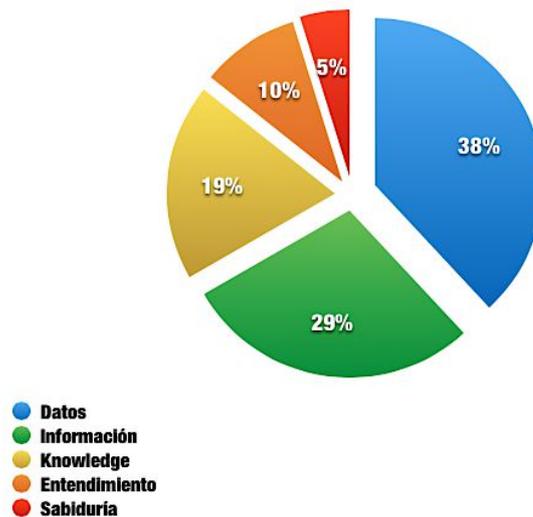
<sup>32</sup> “Trazabilidad” es un término que fue incorporado recién a la vigésima tercera edición de 2009 del diccionario de la Real Academia Española (RAE). Para la International Organization of Standardization la “trazabilidad” es la propiedad que dispone el resultado de un valor estándar, que puede vincularse con referencias específicas mediante una seguidilla continuada de comparaciones.

<sup>33</sup> Tenkasi, R.; Boland, R. "Exploring Knowledge diversity in knowledge intensive firms: A new role for information systems". En: *Journal of Organizational Change Management*, 9(1), 1996, p. 79-91.

"We are entering -or have entered- the knowledge society in which the basic economic resource 'is knowledge' and where the knowledge worker will play a central role. Changes in computer technology during the mid 1980s were key to this shift; as computers grew exponentially in speed, reduction in cost and availability their uses changed. Organizations were, for the first time, able to quickly capture, codify and disseminate huge amounts of information across the globe. The construction industry needs to place more emphasis on knowledge issues if it is to achieve its targets of more sustainable processes, materials and products"<sup>34</sup>.

Como detalla la imagen IMG\_02-03, para la administración de las organizaciones es necesario comprender cómo es la estructura del conocimiento dentro de la misma, ya que confundir la sabiduría con una colección de datos es un error recurrente. Siendo que la sabiduría es la aplicación del entendimiento en diferentes contextos y a través de distintos espacios disciplinares, ésta constituye el grado más alto del conocimiento que exige coherencia de aplicación. Por su parte, los datos son observaciones básicas, antecedentes agrupados sin un criterio preciso de selección.

**Knowledge Management. Estructura del Conocimiento**



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-03

Algunos desarrollos iniciales sobre el concepto de *Knowledge Management* se remontan a principios de la década de 1970, estando limitados a programas *ad hoc*, actividades con un fin definido y estrategias establecidas e implementadas dentro de las organizaciones que las ponían en práctica. Estos avances se dieron por la necesidad de conocer más acerca de las operaciones comerciales que se generaron en el crítico escenario post Segunda Guerra Mundial, el que imponía analizar las

<sup>34</sup> Venters, W. "Literature Review for C-Sand: Knowledge Management." London School of Economics, 2002, inédito. Disponible en: <http://eprints.lse.ac.uk/23272/> Última visita: 01/03/2014.

metodologías de gestión que estaban siendo utilizadas en la mayoría de los procesos analizados. En principio surgieron conceptos de “planificación estratégica”, a los que luego se incorporaron desarrollos en cibernética aplicada. Estas incorporaciones requirieron de una novedosa manera de entender cómo se desarrollaban las ideas a través de un pensamiento sistemático, estableciendo así las bases de un entendimiento de los procesos involucrados en los negocios. La aparición de soluciones integrales de *Knowledge Management* se dio recién en la década de 1990, a partir de herramientas desarrolladas para la administración de negocios y de sistemas de información<sup>35</sup>. Es decir, estas experiencias pueden ser tomadas como el punto de partida de un campo disciplinar independiente, el que, además, se presenta en la actualidad como una de las metodologías más adecuadas para manejar el gran volumen de conocimientos multidisciplinares disponibles que convergen, por ejemplo, en la arquitectura.

En el debate actual coexisten dos miradas opuestas en materia de *Knowledge Management*, la “perspectiva funcionalista” y la “perspectiva interpretativa”<sup>36</sup>. La primera, por cierto dominante, adopta un enfoque marcadamente tecnológico sobre la información, considerando al conocimiento como una representación objetiva del mundo que puede disponerse de diversas formas y en distintas ubicaciones<sup>37</sup>. Por su parte, la mirada Interpretativa estima que el conocimiento sólo existe a través de la experiencia humana y las actividades sociales. Ambos planteos reconocen que el conocimiento no es un elemento o un objeto, sino la conjugación de relaciones complejas que adquieren valor conforme se establezcan vínculos. Éstos, a su vez, deben ser recíprocos. En esta línea, resulta enriquecedora la interpretación del investigador en sistemas informáticos Will Venters, quien señala:

...*“La literatura del Knowledge Management tiende a ver el conocimiento como un recurso, una materia prima para ser procesada y mejorada. El conocimiento es un ingrediente clave para adquirir, almacenar, distribuir y transformarse en aplicaciones específicas (y por tanto en los nuevos conocimientos). Dicha transformación se logra mediante la codificación del*

---

<sup>35</sup> Nonaka, I. "The knowledge creating company". En: *Harvard Business Review*, n° 69, 1991, p. 96-104. Alavi, M.; Leidner, D. "Knowledge management systems: issues, challenges, and benefits". En: *Communications of the AIS*, n° 1 (2), 1999.

<sup>36</sup> Respectivamente: Schultze, U. "Investigating the Contradictions in Knowledge Management". En: *Joint Working Conference on Information Systems: Current Issues and Future Changes*, Helsinki, Finland, Omnipress, 1998. Cole-Gomolski, B. "Users Loathe to Share Their Know-How". En: *Computerworld*, n° 31(46), 1997, p. 6-39.

<sup>37</sup> Venters, W. "Literature Review for C-Sand: Knowledge Management". Op. cit.

*conocimiento tácito en las normas y procedimientos explícitos y su combinación con el uso de herramientas y tecnologías*<sup>38</sup>.

Es importante destacar que la “perspectiva funcionalista ha sido profundamente cuestionada<sup>39</sup>, principalmente porque supone que todo conocimiento puede ser codificado. Sus objetores señalan que es inviable definir el conocimiento personal en protocolos, ya que resulta difícil establecer el hecho que fundamenta el “porqué es necesario hacer las cosas”<sup>40</sup>. La “perspectiva interpretativa”, por su parte, reconoce la codificación solo a manera de ordenamiento, pero argumenta que el conocimiento no puede ser manejado como un objeto separado de su contexto cultural<sup>41</sup>. Sus defensores proponen un conocimiento dinámico y contextualizado, socialmente construido, compartido dentro de las organizaciones e influenciado por el entorno social<sup>42</sup>. Trasladada a la arquitectura, esta perspectiva implica entender que en el desarrollo de proyectos dentro de un entorno de múltiples organizaciones, las individualidades deben dejar espacio a las construcciones colectivas, apoyadas en el cruce de referencias entre los actores participantes. De esta manera, cada parte de la organización involucrada aportará información procesada y validada minimizando el uso de suposiciones y aportes autónomos cuya verificación en el contexto general del desarrollo es dificultosa.

---

<sup>38</sup> Scarbrough, H.; Swan, J. and Preston, J. *Knowledge Management: A Literature Review*. Op. cit.

<sup>39</sup> Spender, J. "Organizational Knowledge, Learning and Memory: Three Concepts in Search of a Theory". En: *Journal of Organizational Change Management*, n° 9 (1), 1996, p. 63- 78. Swan, J., Newell, S.; Scarbrough, H.; Hislop, D. "Knowledge Management and Innovation: Networks and Networking". En: *Journal of Knowledge Management*, n° 3 (4), 1999, p. 262-275.

<sup>40</sup> Gardner, D. "Knowledge That Won't Fit the Database - People". En: *InfoWorld*, n° 20 (14), 1998, p. 98. Wenger, E., McDermott, R.; Snyder, W. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2002.

<sup>41</sup> Choo, C. "The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge, and Make Decisions" En: *International Journal of Information Management*, n° 6 (5), 1996, p. 329-340. Stenmark, D. "Leveraging Tacit Organizational Knowledge". En: *Journal of Management information systems*, n° 17 (3), 2001, p. 9-24. Wenger, E.; McDermott, R.; Snyder, W. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2002.

<sup>42</sup> Schultze, U.; Leidner, D. "Studying Knowledge Management in Information Systems Research: Discourses and Theoretical Assumptions" En: *MIS Quarterly*, n° 26 (3), 2002, p. 213-242. Demarest, M. "Understanding Knowledge Management" En: *Long Range Planning*, n° 30 (3), 1997, p. 374-384. Pentland, B. "Information Systems and Organizational Learning: The Social Epistemology of Organizational Knowledge Systems" En: *Accounting, Management and Information Technologies*, n° 5 (1), 1995, p. 1-21.

Otra característica relevante del *Knowledge Management* es que permite la conversión del conocimiento tácito en conocimiento explícito. Esto permite que sea analizado, criticado, aprendido, compartido y combinado, y, al mismo tiempo, que sea accesible tanto para personas como para herramientas tecnológicas e instrumentos digitales. La revisión de la literatura sobre el tema sugiere que sólo una mínima cantidad de investigaciones han abordado a la industria de la construcción y a los procesos de desarrollos de proyecto en la arquitectura<sup>43</sup>. Por eso, su incorporación en la práctica de la arquitectura contribuiría en diferentes campos de aplicación, debido a su incapacidad de proponer soluciones alternativas a problemas inéditos, difíciles de enmarcar con metodologías tradicionales. Este análisis refuerza la pertinencia de realizar estudios sobre *Knowledge Management* en arquitectura como herramienta para contribuir en la comprensión de la función que los arquitectos deben ocupar en la “sociedad del conocimiento”.

En la actualidad, la economía opera en un entorno de conocimiento intensivo, donde el acceso y la administración de información son considerados un capital fundamental para el éxito de cualquier organización. En consecuencia, la capacidad del *Knowledge Management* de utilizar y reutilizar información constituye uno de sus activos más importantes. Tal como ilustra la imagen IMG\_02-04, el valor del conocimiento varía conforme el tipo de administración que lo contiene, sea éste individual o colectiva, o bien estructurado o no estructurado. Por ejemplo, el *Knowledge Management* puede mejorar la toma de decisiones y allanar el camino para trabajos colaborativos, organizando y estructurando el conocimiento a través de todos los sectores involucrados en el desarrollo de proyectos.

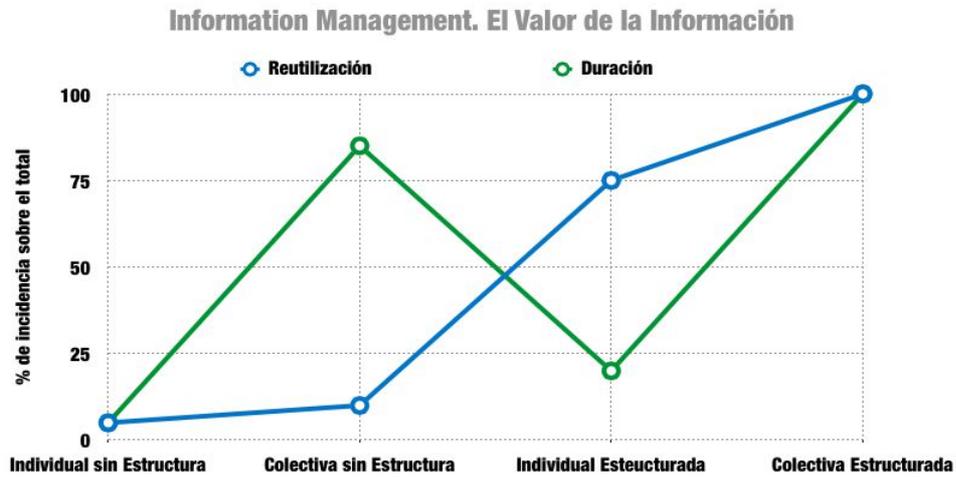
En arquitectura el conocimiento se transforma en explícito al ser codificado en abstracciones geométricas bidimensionales, generando documentos estáticos y poco flexibles<sup>44</sup>. Las representaciones resultantes de esta codificación, por su imposibilidad de establecer vínculos con otras fuentes de información, ven reducido su potencial de adecuación y adaptación a procesos dinámicos como los actuales. La incorporación de sistemas como BIM y conceptos para la implementación de *Knowledge Management* le brindarían al estático conocimiento explícito el

---

<sup>43</sup> Egbu, C. "The Role of Information Technology in Strategic Knowledge Management and Its Potential in the Construction Industry" En: *Proceedings of the UK National conference on Objects and integration for architecture, engineering and construction*, 2000, p. 106-114.

<sup>44</sup> Como ser los planos, las vistas, los cortes, los diagramas y las especificaciones técnicas generales y particulares.

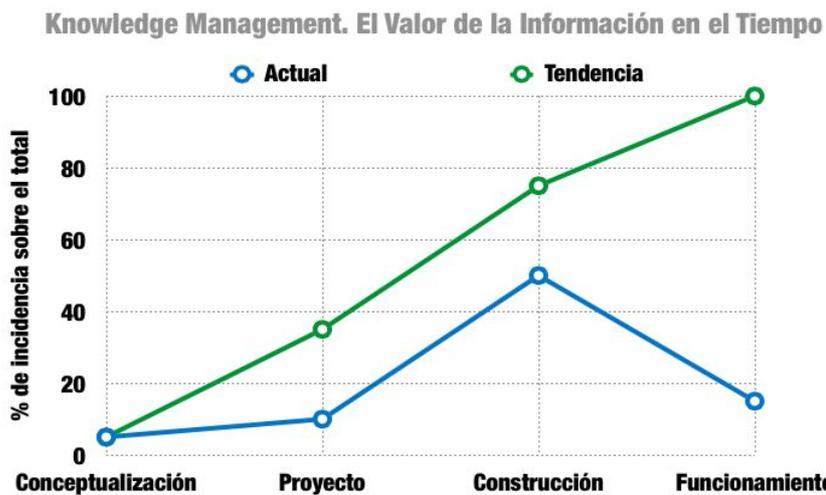
dinamismo necesario para nutrir a los arquitectos con mayores volúmenes de información actualizada y verificada para desarrollo de proyectos.



Fuente: General Buildings Information Handover Guide. Principles and Case Studies. NIST. 2007. Gráfico del autor

IMG\_02-04

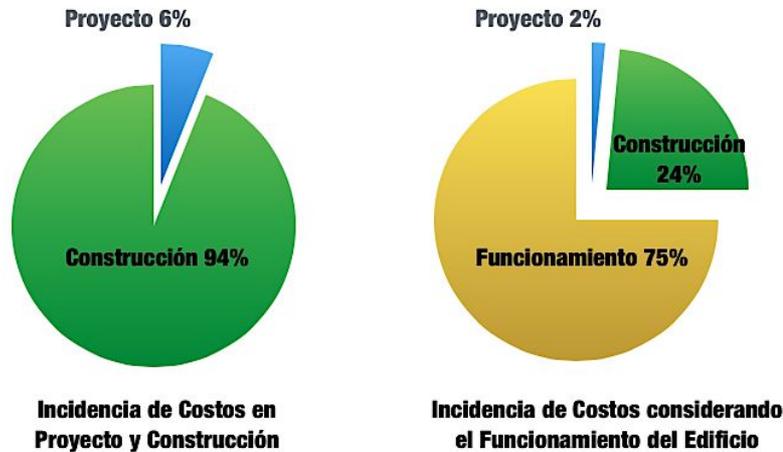
Como indican las imágenes IMG\_02-05 y IMG\_02-06, estas implementaciones permitirían mantener el valor de la información durante todas las etapas del proyecto, confiriendo al proceso de diseño, construcción y funcionamiento de una obra, un inédito valor disciplinar y de mercado, por su capacidad de poseer información estructurada y documentada. Esto es clave para el correcto funcionamiento del edificio, particularmente atendiendo a reducir el consumo energético del mismo.



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-05

### Knowledge Management. Incidencia relativa de Costos



Fuente: National Institute of Building Science. Gráfico del autor

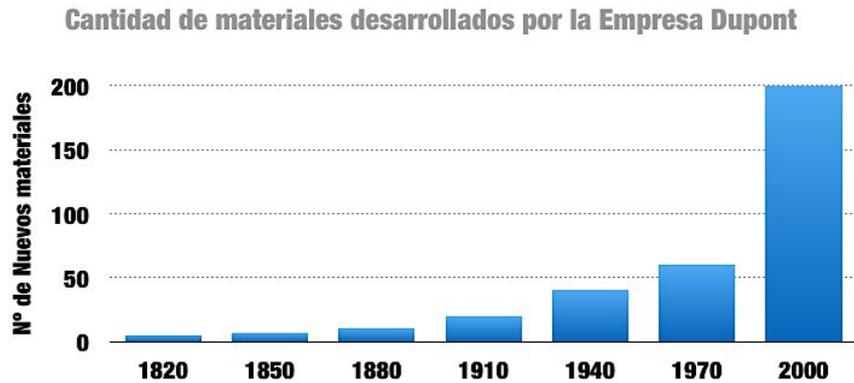
IMG\_02-06

### ADMINISTRACIÓN DE CONOCIMIENTO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA

El intercambio de conocimiento en una organización permite identificar áreas de alta sensibilidad en algunos casos casi inexploradas en el desarrollo de proyectos de arquitectura, las que requieren de la incorporación de miradas innovadoras<sup>45</sup>. Una de estas áreas de posible implementación es la definida por la incorporación de nuevos materiales en el desarrollo de los proyectos. Si bien el incremento en la variedad de materiales ofrecidos por las empresas desarrolladoras ha sido exponencial en los últimos años, como ejemplifica la imagen IMG\_02-07 en relación a la corporación DuPont, su incorporación a la arquitectura ha sido notoriamente lenta, principalmente a causa del retraso en el *Knowledge Management* de los arquitectos y la transferencia tecnológica de información actualizada. En la misma línea, la variación verificada en el costo relativo de los materiales utilizados en la construcción, así como de la energía, permite reconocer la necesidad de conocer estas modificaciones a la hora de decidir qué materiales utilizar, qué sistema de acondicionamiento de aire, qué condiciones de iluminación, etc. La alteración de la relación entre el costo de la energía eléctrica y el vidrio, que muestra la imagen IMG\_02-08, indica, por ejemplo, la necesidad de repensar la incorporación de amplias superficies vidriadas en regiones con climas extremos. A su vez, el aumento de la incidencia del costo de las instalaciones en los edificios, que

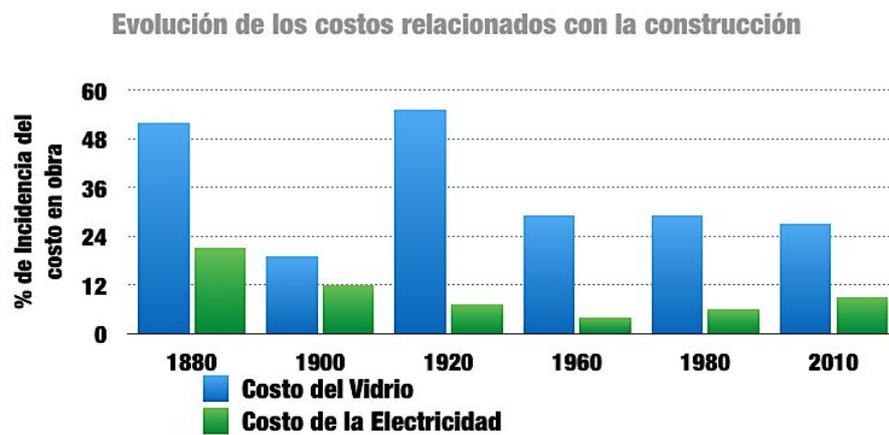
<sup>45</sup> Madu, C. "Transferring technology to developing countries: Critical factors for success." En: *Long Range Planning*, vol. 2, 1989, p. 115-124.

pasó de constituir el 5% del costo total en 1900 al 50% en la década de 1990, claramente constituye un insumo que no puede ser obviado a la hora de desarrollar un proyecto de manera eficiente<sup>46</sup>. Lo mismo podría ser referido en relación a la necesidad de conocer exhaustivamente las normas, códigos y reglamentos que definen la práctica profesional en una región o temática específica, las que se han multiplicado y complejizado significativamente en los últimos años<sup>47</sup>.



Fuente: Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction. Stephen Kieran and James Timberlake. McGraw-Hill Professional; 1 edition. 2003. Gráfico del autor

IMG\_02-07



Fuente: Urban Energy Systems. Northwestern University. School of Architecture. Edited by Kiel Moe, et al. Gráfico del autor

IMG\_02-08

En el epicentro de la discusión sobre la creciente necesidad de replantear algunos aspectos de la disciplina se ubica el libro *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*, cuyos autores son

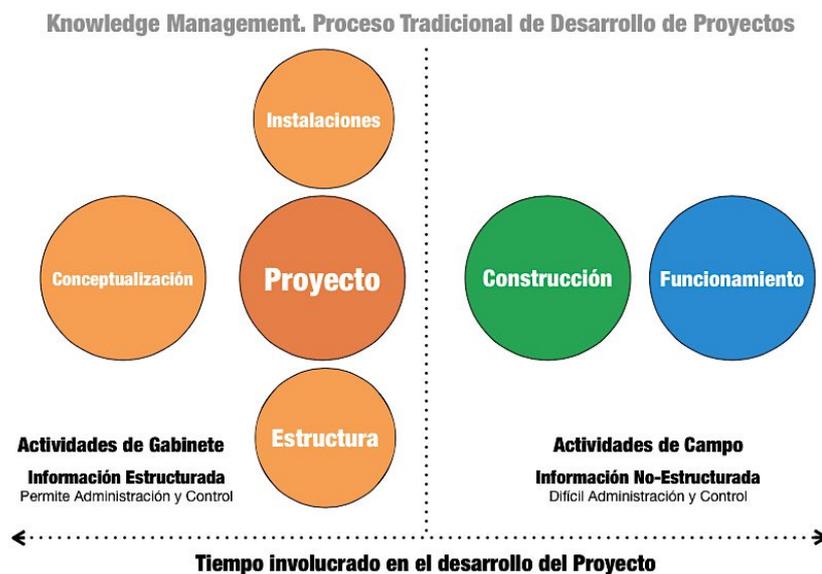
<sup>46</sup> Kieran, S.; Timberlake, J. *Refabricating architecture: How manufacturing methodologies are poised to transform building construction*. New York, McGraw Hill Professional, 2003.

<sup>47</sup> Moe, K. *Urban energy systems*. Boston, School of Architecture, Northeastern University, 2010.

la arquitecta Peggy Deamer –profesora de historia y crítica de la arquitectura en diversas universidades norteamericanas-, y el arquitecto Phillip Bernstein –profesor de práctica profesional en la Universidad de Yale y vicepresidente de Autodesk-. En la introducción del texto, Deamer sugiere adoptar una mirada inédita para dar cuenta de estos cambios:

*...”The traditional definitions of designer, architect and builder come under attack as the relationship of each to the other shifts. “Designer” is no longer equated with “architect”; fabricators, engineers, and software programmers can lay claim to equal authorial designation. But it should be emphasized that the new modes of production do not cause this shift; they further destabilize an existing dysfunctional and antagonistic relationship between all players in the client, architect, contractor trichotomy.”<sup>48</sup>.*

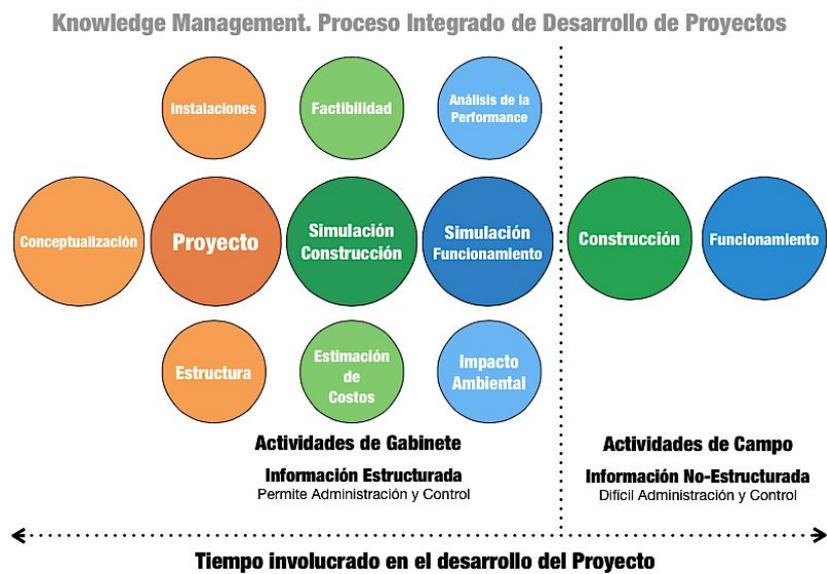
Con el uso de las nuevas metodologías, la aplicación y el desarrollo de conocimiento resulta vital para generar un ciclo continuo que regenere el valor de la información procesada. Esto es importante en arquitectura, ya que la mayoría de los edificios se diseñan en días, los documentos para la construcción se completan en meses, los procesos constructivos duran años, y la vida útil del edificio está planteada en décadas. Las imágenes IMG\_02-09 e IMG\_02-10 permiten comparar las actividades que se desarrollan en un proceso tradicional e integrado. La estructuración de la información que se muestra en la IMG\_02-10 permite controlar los desfases, logrando minimizar de esta manera el antagonismo entre los actores principales planteado por Deamer.



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-09

<sup>48</sup> Deamer, P; Bernstein, P. *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*. New York, Princeton Architectural Press, 2010.



IMG\_02-10

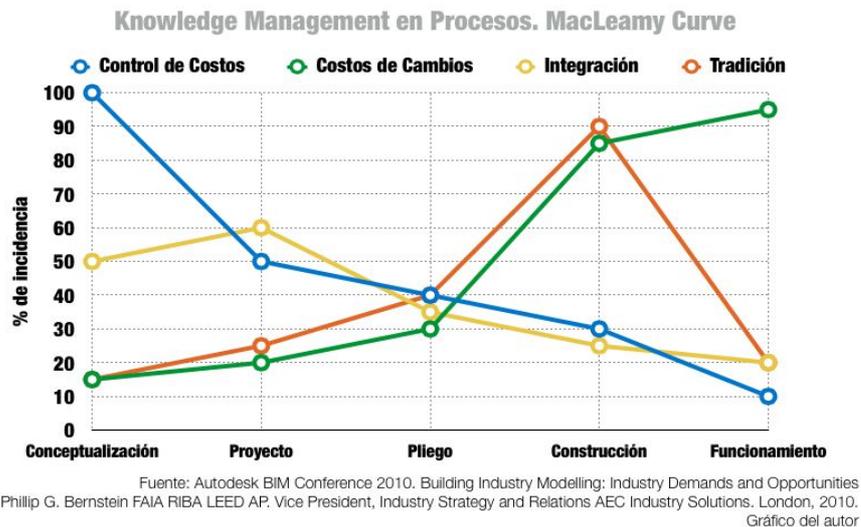
Como ha sido señalado, el vínculo establecido entre el *Knowledge Management* y la arquitectura, desde una perspectiva tecnológica y social, es relevante porque se trata de una disciplina basada en el conocimiento. Los arquitectos son trabajadores del conocimiento y poseen los medios de producción; es decir, el conocimiento arquitectónico<sup>49</sup>. Este conocimiento opera en un entorno basado en proyectos, donde es considerado un capital<sup>50</sup>. En la fase de diseño, incluso cuando está bien documentado y conforme con todas las convenciones de proyecto, es sólo una pequeña parte del conocimiento que se requiere tanto para diseñar el proyecto de una obra para guiar a un equipo de desarrollo de proyectos, o para llevar adelante tareas de construcción. Esto es así porque la mayor parte del conocimiento arquitectónico del profesional que se representa mediante abstracciones gráficas bidimensionales suele permanecer tácito.

Reconocer este contexto ofrece a los profesionales oportunidades inéditas para explorar cómo se administra y cómo se comparte el conocimiento en una organización basada en un entorno transdisciplinario. En la imagen IMG\_02-11, que representa la curva “*MacLeamy*” –desarrollada por

<sup>49</sup> El conocimiento arquitectónico es, al mismo tiempo, el diseño arquitectónico, las decisiones de diseño, los supuestos, el contexto y aquellos otros factores que en conjunto determinan los pasos a seguir para la evolución de los proyectos.

<sup>50</sup> Bresnen, M.; et al. "Social Practices and the Management of Knowledge in Project Environments". En: *International Journal of Project Management*, n° 21, 2003, p. 157–166. Love, P.; Edum-Fotwe, F.; Irani, Z. "Management of Knowledge in Project Environments", En: *International Journal of Project Management*, n° 21, 2003, p. 155–156.

Patrick MacLeamy, CEO de la firma de arquitectura HOK-, es evidente como el *Knowledge Management* interviene favorablemente en el control de los costos y en el costo de los cambios, conforme se trabaje en un entorno integrado de proyectos.

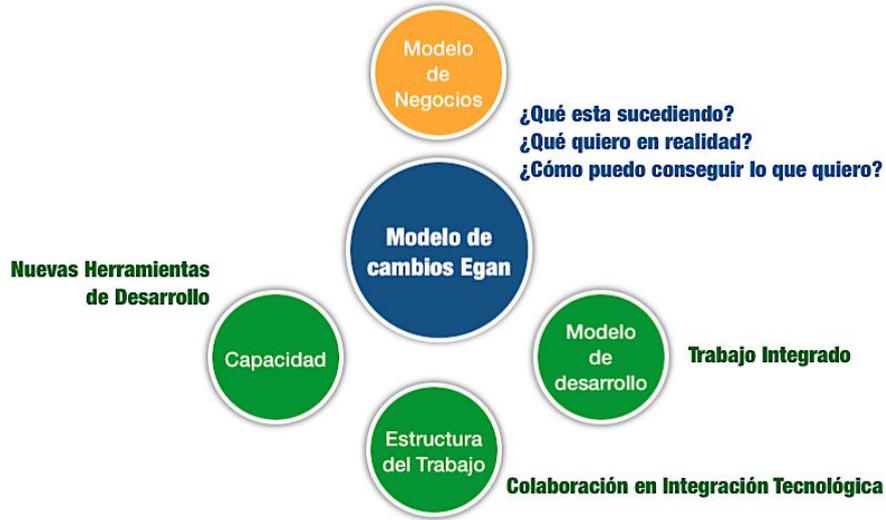


IMG\_02-11

Un ejemplo de aplicación de esta metodología para el desarrollo de proyectos es el edificio para la sede de *Autodesk AEC* en *Waltham, Massachusetts*, Estados Unidos. En el proceso, la oficina de arquitectura *Kling-Stubbins* y la constructora *Tocci* trabajaron en conjunto con la empresa de desarrollo de *software Autodesk* para establecer objetivos tangibles, basados en la *performance* esperada de cada una de las variables financieras y de diseño incorporadas. Para este fin se propuso una metodología que se basó casi exclusivamente en información mensurada y análisis explícitos, la que a través del *Knowledge Management* permitía minimizar el uso irreflexivo de supuestos. La imagen IMG\_02-12 muestra gráficamente la estrategia implementada para este proyecto, basada en el modelo desarrollado por Edgard Egan *Egan*<sup>51</sup>, y que fuera introducida por Phillip Bernstein en la conferencia *BIM Industry Demands and Opportunities* de 2010 como estrategia para mejorar los resultados en el manejo de problemas.

<sup>51</sup> El "modelo Egan" es una estrategia planteada en tres etapas, útil para ayudar a la gente a resolver problemas y desarrollar oportunidades. Los objetivos del uso del modelo es ayudar a las personas a manejar sus problemas con mayor eficacia y desarrollar oportunidades con más detalle; asimismo, para "ayudar a las personas a ser mejores en ayudarse a sí mismos en su vida cotidiana". Egan G. *The Skilled Helper. A Problem Management and Opportunity Development Approach to Helping*. Charlottesville, University of Virginia, 1998, p. 7-8.

**Knowledge Management. Factores que alteran la velocidad de los cambios**

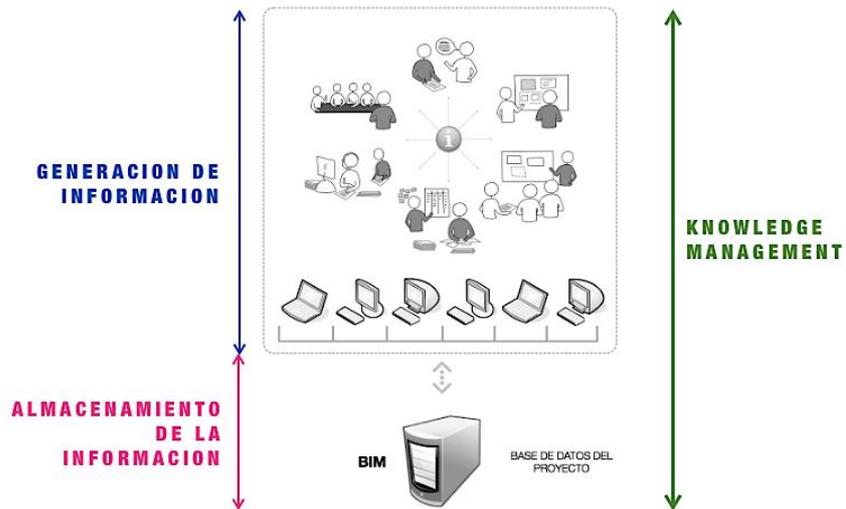


Fuente: Autodesk BIM Conference 2010. Building Industry Modelling: Industry Demands and Opportunities Phillip G. Bernstein FAIA RIBA LEED AP. Vice President, Industry Strategy and Relations AEC Industry Solutions. London, 2010. Gráfico del autor

IMG\_02-12

En línea con lo presentado, es posible afirmar que la implementación de *knowledge management*, como muestra la imagen IMG\_02-13, permitiría aportar mejoras significativas a las propuestas y a los servicios para la sociedad, vinculando la generación y la administración de la información.

**Generación y Administración de información para el desarrollo de proyectos**



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_02-13

**CAPITULO 03**  
**ARQUITECTURA Y TECNOLOGIA. UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA**

## VÍNCULOS ENTRE ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA

La tecnología se caracteriza por su naturaleza multidimensional y posee variables que le permiten definir con cierta precisión áreas de desarrollo en las cuales se genera y administra la información. Sus diferentes manifestaciones pueden darse tanto en el marco de estrategias de organización y administración, en el desarrollo de nuevos materiales, como en las innovaciones en el campo de los medios digitales, por citar áreas vinculadas con la práctica profesional de la arquitectura. Asimismo, la tecnología posee características singulares y universales, siendo casi imposible separarlas en un mismo análisis. Lo que interesa destacar en esta tesis es que, más allá de su variedad, la tecnología es una generalización simplificada en una palabra que sin un análisis profundo puede ser erróneamente interpretada como algo único, cuando en realidad sirve para definir muchas otras. Por ejemplo, si consideramos que la información posee valor, encontramos un área donde la tecnología sirve como un catalizador<sup>52</sup>, debido a que las herramientas digitales hacen posible generalizar y compartir información al mismo tiempo que crean un flujo dinámico, accesible, confiable y actualizado.

La estructura social de las organizaciones se ve fuertemente afectada por la tecnología, particularmente cuando se profundiza el entendimiento del concepto de tecnología como una aplicación de conocimiento científico a fines prácticos que incluye métodos con capacidad de gestión. Gran parte de las investigaciones desarrolladas sobre la mayoría de las dimensiones de la estructura social en las organizaciones omite hacer hincapié en sus características tecnológicas, ignorando que la tecnología de la información es un sistema de conocimiento aplicado. Este sistema es tácito y explícito, conjugando experiencia, habilidades, procesos, producción, operación y gestión de la información<sup>53</sup>. Ante la posibilidad casi irrestricta de acceder a grandes volúmenes de información, la necesidad de indagar reflexivamente constituye una tarea indelegable y trascendental para entender el presente de la arquitectura, como lo expresa el historiador de arquitectura Mario Carpo:

---

<sup>52</sup> El catalizador no es la razón de la reacción que se produce. Es simplemente un ingrediente que se agrega, que hace que una reacción sea práctica y eficiente. Al final del proceso, el catalizador no cambia, pero ha ayudado a crear un resultado deseado.

<sup>53</sup> Kaplinsky, R. "Technology transfer, adaptation and generation: A framework for evaluation". En: *Technology Transfer in the Developing Countries*. London, The Macmillan Press Ltd, 1990.

*... "This new pattern of made-on-demand, atomized production and consumption is today widely seen as an emerging and possibly disruptive economic model. At the same time, the new information technologies have favored the decoupling between the "real" economy and the financial markets, and hastened the virtualization of financial transactions. In all such instances, digital technologies and various cultural aspects of the first age of postmodernity interacted with and fed back one another"<sup>54</sup>.*

La administración y la visualización de la información, sumadas a las tradicionales metodologías de estadística e intuición, contribuyen a este sistema de conocimiento ampliado. Esta nueva perspectiva permite combinaciones que aumentan la calidad de las relaciones establecidas, siendo que la exploración visual de los datos concede al usuario la posibilidad de estar directamente implicado en el proceso de selección y extracción, contribuyendo en la transformación de gran parte de la información disponible en conocimiento.

*... "In China, 40-story buildings are designed on Macintoshes in less than a week. In the context of this hyperdevelopment, the traditional architectural values -composition, aesthetics, balance- are irrelevant. The speed of international demands is completely out of pace with the ability of traditional designers to respond"<sup>55</sup>.*

La cita es elocuente al señalar que, así como las herramientas utilizadas por la arquitectura han evolucionado a lo largo de los años, también lo ha hecho la manera de diseñar y pensar la arquitectura. Por ejemplo, la invención de la perspectiva en el Renacimiento tuvo un gran impacto en la composición y visualización de los edificios, al igual que la idea de la producción en masa y la sistematización del diseño arquitectónico moderno. Es innegable que, en la actualidad, las innovaciones en el campo de tecnología digital están dando una nueva forma cómo pensamos y diseñamos arquitectura.

Los intercambios teóricos que se plantean sobre lo que se entiende por "digital" se han multiplicado, tanto sea por desconocimiento como por una búsqueda de una mayor especificidad. Es posible aventurar que existe una pedagogía digital, herramientas e instrumentos digitales, pensamiento digital, etc. Existen numerosos puntos de vista que subrayan la necesidad de profundizar sobre el concepto de "tecnología digital", y así evitar redundar en pretéritas categorías generalizantes para su comprensión. En principio, "tecnología digital" implica el procesamiento de datos, la transferencia de

---

<sup>54</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Cambridge, MIT Press, 2011, p, 112.

<sup>55</sup> Wolf, G. "Exploring the Unmaterial World Contributing". En: *Wired Digital*, junio 2000, p. 1. Disponible en: <http://archive.wired.com/wired/archive/8.06/koolhaas.html> Última visita 01/03/2014.

información, el control inteligente y los procesos multidimensionales que actúan sobre la base de la utilización de computadoras y *software* para administrar información.

La “tecnología digital”, producto de su fragmentación en segmentos de aplicación, ha abierto una variedad de nuevas oportunidades profesionales consideradas especializaciones para estudiantes y arquitectos. Algunos estudiantes llegan a la universidad con las habilidades de los medios digitales incorporadas de manera autodidacta, y son “digitalmente” más capaces que sus profesores, conforme lo define Marc Prensky:

*“Los Nativos Digitales están acostumbrados a manejar información a gran velocidad, su acceso a la información es sin un patrón fijo, operan mejor cuando están interconectados. Prefieren comunicarse a través de gráficos y no de textos, a su vez al haberse habituado, se sienten cómodos operando dentro de procesos paralelos y no lineales, mejor preparados para manejar sistemas complejos”<sup>56</sup>.*

Los estudiantes asisten a las instituciones académicas esperando aprender singularidades de la profesión para luego poder procesarlas; y, mientras que algunos de ellos luchan por absorber habilidades digitales para adaptarse a la práctica contemporánea de la arquitectura, otros prefieren reproducir el *status quo*, siguiendo el patrón tradicional establecido por décadas. Esta posición es advertida por Mario Carpo al analizar cómo la tecnología posee el potencial necesario para realizar cambios:

*...“Digital technologies are fast defrosting several classes of media objects that mechanical technologies froze over the course of the last five centuries—from woodcut prints and Gutenberg’s press to more recent electromechanical or chemical-mechanical technologies for the recording and transmission of sounds and images. Digitally supported texts, music, and pictures can now start to drift again, as they did before the brief interlude of the mechanical age. In architecture, the vertical integration of computer-based design and manufacturing is giving rise to new forms of digital artisanship, narrowing the Albertian divide between conceivers and makers. Likewise, the digitally enhanced horizontal integration of actors and agencies in the design and production process is already challenging the modern notion of the architect’s full authorial control and intellectual ownership of the end product”<sup>57</sup>.*

En los espacios emergentes, generados como consecuencia de la mencionada digitalización cultural, existen numerosas demandas que reclama la sociedad, como optimización, sustentabilidad y mejor aprovechamiento de la información disponible, que deben ser incorporadas al conjunto de instancias que se conjugan, tanto en el desarrollo de proyectos para la práctica profesional de la arquitectura, como al momento de ofrecer alternativas en la formación de jóvenes profesionales. En esta época,

---

<sup>56</sup> Prensky, M. *Digital Natives, Digital Immigrants*. From *On the Horizon*. MCB University Press. 2001.

<sup>57</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 117.

en la que un gran número de situaciones profesionales se definen transdisciplinariamente, se requiere de pensamientos, estrategias, metodologías y herramientas innovadoras para un correcto entendimiento y posterior utilización de los recursos; de lo contrario, se estará interviniendo solo parcialmente sobre la presente complejidad.

Cabe señalar que la proximidad y el acceso a la información son motores que aumentan el flujo de operaciones económicas e inciden directamente sobre los límites del diseño, la construcción, el entendimiento y el uso de los objetos<sup>58</sup>. La creciente y ampliada accesibilidad es posible gracias al progreso técnico experimentado en la industria del *software* y del *hardware*, así como también los avances en sensores que permiten identificar alteraciones en rangos casi imperceptibles, la evolución de maquinaria capaz de operar con órdenes en relación directa con datos provenientes de archivos digitales y las tecnologías para la administración de la información. Se plantea así un escenario abierto con nuevas posibilidades, donde cada actor tiene la oportunidad de obtener ventajas comparativas para enfrentar las demandas sociales. El armado de una red de asociaciones dinámicas y flexibles con una alta interacción de las partes involucradas, conforme sea su capacidad y conocimiento, contribuye a mejorar la toma de decisiones y así poder ofrecer soluciones específicas a problemas particulares. Este aporte es posible desde una mirada múltiple de los acontecimientos que son necesarios conjugar en cada instancia en particular. El principal desafío, entonces, será administrar ese flujo de información e incorporarlo adecuadamente, ya que por su propia dinámica requiere de un desarrollo simétrico de tecnologías y métodos que permitan manejarlo.

Entendiendo que la práctica profesional de la arquitectura se desarrolla en el marco de una sociedad basada en la información, con los condicionantes hasta aquí descritos, la innegable pregunta que surge es ¿Cómo puede la arquitectura salir ilesa de un contexto así? Ante esta pregunta, es relevante para este trabajo de tesis destacar el impacto de las tecnologías en las disciplinas de diseño que alteran el trabajo de los arquitectos, poniendo en discusión la necesidad de observar las nuevas herramientas, los nuevos instrumentos y los nuevos medios para el ejercicio de la disciplina.

---

<sup>58</sup> Allen, S. Presentación en el marco del ciclo "Unpacking my library". The Municipal Art Society of New York, agosto 2009. Disponible en: [www.youtube.com/watch?v=PgepUxbWkag](http://www.youtube.com/watch?v=PgepUxbWkag) Última visita 01/03/2014.

## ENTRE LA NEGACIÓN Y LA EUFORIA TECNOLÓGICA

Este trabajo de tesis entiende el concepto de tecnología como la incorporación de conocimiento para realizar actividades, y no como la máquina que permite hacer dichas actividades, como en muchos casos ha sido interpretada. A lo largo de la historia las sociedades han sido influenciadas por la tecnología, y viceversa; si la invención de la imprenta permitió la difusión masiva de conocimiento, también la necesidad de introducir imágenes o diversificar las tipografías introdujo significativos cambios en los modelos de dicha herramienta. Sin embargo, esta influencia recíproca no siempre ha sido fácilmente aceptada, y, en muchos casos, ha ocasionado crisis que produjeron alteraciones en la base de numerosas profesiones y disciplinas. También es cierto que la crítica a la tecnología no es solo reciente, sino que desde fines del siglo XVIII, distintas líneas de pensamiento como el romanticismo, el nacionalismo, el existencialismo, el irracionalismo o las múltiples teorías emanadas de la escuela de Frankfurt han cuestionado la idea de progreso basado en la tecnología que sustenta a la Modernidad. En particular, Martin Heidegger y Herbert Marcuse consideran que la cuestión alrededor de la tecnología no es solo de relevancia social, sino que requiere avanzar sobre las distinciones de lo racional y lo real<sup>59</sup>. Para estos pensadores la acción técnica representa solo un escape parcial de la condición humana, entendiendo esta ilusión como la estructura de la experiencia moderna. Según la *Historia del ser* de Martin Heidegger, “los objetos entran en la experiencia sólo en la medida en que se reconoce su utilidad en el sistema tecnológico”. Las teorías referidas a la tecnología contienen fundamentos en relación a la sociedad y a la cultura, elementos que son marcadamente críticos para el tema que está siendo desarrollado en esta tesis, por lo que resulta pertinente examinarlos desde una perspectiva que posibilite esclarecer las singularidades que inciden en la arquitectura.

La digitalización cultural es responsable, en gran medida, de la evolución del conocimiento manifestada por el presente internacionalismo cultural, al ofrecer la posibilidad de generar y administrar información. De esta manera, la información se transforma en conocimiento, diluyendo los límites regionales y disciplinares, con la inevitable erosión de las costumbres<sup>60</sup>. Este proceso, sin

---

<sup>59</sup> Feenberg, A. “Critical Theory of Technology: An Overview”. En: *Tailoring Biotechnology*, vol.1, Issue 1, 2005, p. 47-64.

<sup>60</sup> Tornatzky, L.; Fleischer, M. *Without Knowledge, there is not technology. The Process of Technological Innovation*. New York, Lexington Books, 1990.

dudas, incide en la arquitectura como disciplina en general, y en el pensamiento de los arquitectos durante el desarrollo de proyectos, en particular. En esta línea, el reconocimiento de la necesidad de verificar un cambio fundamental en las estrategias proyectuales a fin de incorporar innovaciones tecnológicas está presente en las interpretaciones de numerosos críticos e historiadores, como Alexander Tzonis:

*... "Although the introduction of the machine to technology, to style and to architectural thinking are related, the latter is the most important. Before the machine could be massively adapted to construction or become a standard of beauty, the thinking of the designer had to undergo a fundamental change and the conceptual system of architecture had to be altered"*<sup>61</sup>.

Durante el siglo XIX y gran parte del siglo XX, arquitectos como John Ruskin y Kenneth Frampton ignoraron o conscientemente reaccionaron en contra de las tecnologías para el desarrollo de proyectos en los procesos industrializados, a favor de trabajos artesanales. En particular, su interés radicaba en resaltar la figura del autor y su preocupación por el detalle como carácter irreductible del objeto. Al respecto, Peggy Deamer señala con ironía:

*... "John Ruskin, perhaps the most provocative 19th century architectural moralist, developed a life's work equating good architecture with good workers with a good society. Thus, his concern that the craftsman not be a slave to the designer/architect, mindlessly carrying out prescribed procedures, is a plea for the craftsman's essential identity and his role in the detail is at its heart. If the artisan is doing nothing but sanding, refining, and perfecting something he had no hand in forming, it is a-moral conceptually and economically"*<sup>62</sup>.

Si bien es posible reconocer que existe cierta incomodidad al hablar de la influencia que la tecnología ha tenido en la disciplina, cierto es que algunos de los llamados "pioneros" de la arquitectura moderna generaron un llamado de atención hacia la mecanización<sup>63</sup>, en particular sobre como ésta se iba naturalizando en los desarrollos culturales y como silenciosa pero constantemente iba transformando los usos y costumbres de la sociedad. Por ejemplo, esta estrategia puede

---

<sup>61</sup> Tzonis, A. "Aspects of Mechanization in design: the rise, evolution and impact of mechanics in architecture". En: *Publication Series in Architecture*, Department of Architecture, Graduate School of Design, Harvard University, n° 7909, 1980. Disponible en: <http://tzonis.com/publications/online-publications/1980-HPS-Aspects-of-Mechanization> Última visita: 01/03/2014.

<sup>62</sup> Deamer, P. "Detail Deliberations". En: Deamer, P; Bernstein, P. *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*. Op. cit.

<sup>63</sup> Referencia a denominación original de un texto canónico sobre la historia de la arquitectura del siglo XX, Pioneers of Modern Design, publicado por Nikolaus Pevsner en 1936. Ver: Parera, Cecilia. "Pioneros del diseño moderno: de William Morris a Walter Gropius, de Nikolaus Pevsner". En: *Origen*. Revista Oficial del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Santa Fe Distrito 1, n° 43, julio 2009, p. 48-49.

evidenciarse en la particular interpretación de Le Corbusier difundida en *Vers une Architecture*, "... es que todos los grandes estilos del pasado han sido semejantes a sus tecnologías contemporáneas, y que cuando nuestra propia arquitectura se empareje con nuestra propia tecnología tendremos entonces una arquitectura tan buena como el Partenón"<sup>64</sup>. Otros arquitectos reaccionaron a este desafío proponiendo formas novedosas, en parcial acuerdo con herramientas de la producción en masa, como Alvar Aalto, Ernest May o Mies van der Rohe. A pesar de estos elocuentes reconocimientos, la producción de información para el desarrollo de proyectos de arquitectura en el siglo XX no registró cambios significativos, manteniéndose la separación renacentista entre diseño y construcción planteada por Alberti. Esta escisión, como reconoce Mario Carpo, perdura aún en nuestros días, como si el entorno para el desarrollo de proyectos hubiera permanecido inmutable durante más de 500 años.

*... "The history of architecture in the machine age is well known. As it has been written and rewritten many times over by the militant historians of twentieth-century modernism and by their followers, it is a tale of sin and redemption. Architecture was slow in coming to terms with the industrial revolution. Throughout the nineteenth century, most architects either ignored or reacted against the new technologies of industrial mass production. Then came the pioneers of modern architecture, and their wake-up call. As Le Corbusier and others began to claim in the early twenties, mechanization was changing the world, and architecture had to rise to the challenge. For the rest of the twentieth century many architects and urbanists did just that. Oddly, many architects and urbanists are still doing that right now, as they ignore, or deny, that today's machines are no longer those that Le Corbusier and his friends celebrated and sublimated almost a century ago"*<sup>65</sup>.

La investigación del complejo conjunto de intereses originado por los diversos actores involucrados y las instituciones responsables de la formación académica, los productos disponibles y la manera en que la sociedad utiliza esos desarrollos, entre otros factores, sugiere asumir que si bien todas las tradiciones son relevantes, en tiempo de relativismos culturales es difícil sostener algunas porque han perdido parte del valor que anteriormente detentaban y desarrollos más acordes a las demandas y exigencias actuales ocuparon su lugar.

### **EPISODIOS ANÓNIMOS DE LA CULTURA TÉCNICA ARQUITECTÓNICA**

Si bien este trabajo de investigación no pretende desarrollar una tesis de historia, sí considera necesario mostrar acontecimientos del pasado que contribuirían a entender el presente, retomando

---

<sup>64</sup> Le Corbusier. *Hacia una Arquitectura*. 1923. *Guía de la arquitectura moderna*. Barcelona, Blume, 1979, p. 239.

<sup>65</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 13.

la estrategia desarrollada por Siegfried Giedion en su libro *La mecanización toma el mando. Una contribución a la historia anónima*<sup>66</sup>. Esta búsqueda tiene como objetivo dar cuenta que algunos de los problemas que este trabajo identifica como fundamentales para el presente de la arquitectura no son desconocidos para la profesión. La indagación sobre la historia, en particular la historia anónima de la arquitectura, puede comenzar con la sugerente reflexión de Jorge Silvetti en su artículo “*The Muses are not Amused*”: “*La enseñanza -quizás la única- de la historia es que no se repite*”<sup>67</sup>, reconociendo que la constante mirada hacia atrás como única estrategia para intentar solucionar los vaivenes del presente serían improcedentes.

Sin embargo, con el resguardo metodológico que el abordaje de un caso amerita adoptar, resulta de gran relevancia analizar la oficina norteamericana de arquitectura *Skidmore, Owings and Merrill* (SOM), la que desde 1936 hasta la fecha ha debido sortear un número significativo de dificultades que impactaron en el desarrollo de sus proyectos. Sus integrantes enfrentaron esta realidad constantemente cuestionando la concepción tradicional de la producción arquitectónica y las estructuras de trabajo para la práctica profesional del arquitecto, como lo expresa el historiador Nicholas Adams en su revisión de los desarrollos de SOM:

*...“In fact, it has been observed that the network culture of new technologies challenges the authority of the architect as visionary, but in a firm of SOM’s size and scale the notion of absolute creative ownership is necessarily challenged on a daily basis. As a corporation that has survived the coming and going of numerous celebrated architects and designers, SOM embodies what architectural historian Nicholas Adams called “an experiment in cooperative practice at a large scale.”SOM’s culture of collaboration and, some would argue, competition within the firm has laid the groundwork for the active pursuit of new knowledge and an overall willingness to experiment with cutting-edge technologies”*<sup>68</sup>.

La oficina SOM realizó constantes esfuerzos para implementar innovaciones en tecnología generadas por fuera de la disciplina y adoptadas por la sociedad, con el fin de mantenerse actualizada y brindarle a sus clientes mejores servicios profesionales. Para alcanzar su objetivo se mantuvo permeable a los avances tecnológicos y los incorporó progresivamente en sus proyectos, como puede leerse en una serie de publicaciones editadas por la misma firma, el *SOM Journal*:

*“For an architecture firm to remain competitive, perhaps nothing is more critical than the pursuit of emerging technology. In its best buildings, SOM has used technological advances to*

<sup>66</sup> Giedion, S. *La mecanización toma el mando*. Barcelona, Gili, 1978 (1° ed. inglés, 1948).

<sup>67</sup> Silvetti, J. “Las musas no se divierten. Pandemonium en la casa de la arquitectura”. En: *Summa+*, n° 66, junio 2004, p. 86-95.

<sup>68</sup> Adams, N. *Skidmore, Owings, and Merrill: the experiment since 1936*. Milan, Electa, 2006, p. 15.

*establish new systems of architecture, from super tall engineering to large-scale sustainable urban plans*<sup>69</sup>.

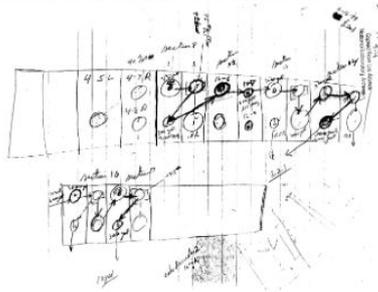
En este escenario, es relevante considerar el proyecto de la ciudad de Oak Ridge en Tennessee<sup>70</sup>, EEUU (1942-49), el que constituyó una experiencia significativa para una generación de arquitectos de SOM. Las viviendas proyectadas, ilustradas en la imagen IMG\_03-01, tenían como objetivo crear unidades habitacionales que pudieran ser producidas en grandes cantidades, por lo que analizaron en profundidad los sistemas prefabricados disponibles:

*... "Prefabrication became popular in the US in the 1930s and had a resurgence of popularity after World War II because of grave housing shortages. As a result, the foundation conducted a survey of the prefabrication industry in the US. In part, this survey illustrated the problems inherent in creating mass-produced housing units."*<sup>71</sup>.

### Oak Ridge New Town Master Plan / SOM



**SOM. Oak Ridge New Town Master Plan**  
**Oak Ridge, Tennessee. 1949**



Fuente:SOM

IMG\_03-01

<sup>69</sup> Ibidem

<sup>70</sup> Oak Ridge es una ciudad construida *ex novo*. Distintos tipos de viviendas fueron propuestas, una con bloques de hormigón, otra con paneles de hormigón prefabricados y paneles hormigonados in situ. Resulta interesante comentar que se hormigonaba cada dos días y luego se reutilizaba el encofrado; técnica que con el tiempo se transformó en una práctica corriente, actualmente conocida como encofrado deslizable.

<sup>71</sup> McCavit, M. *Guide to the Records of the Albert Farwell Bemis Foundation, 1926-1954*. Massachusetts, MIT, 2012. Disponible en: <http://libraries.mit.edu/archives/research/collections/collections-ac/pdf/ac302.pdf> Última visita 01/03/2014.

La relevancia que alcanzó el programa -en cuanto conceptualización de diseño, coordinación de materiales y control de procesos para lograr optimización y eficiencia en el diseño-, puede ser considerado un hito que modificó el rumbo de la práctica profesional dentro de SOM. Este programa, pensado como sistema, fue posibilitado por una concepción integrada del diseño y la construcción, y no como instancias separadas. En este proceso cabe destacar el rol alcanzado por William Turk Priestly<sup>72</sup>, un arquitecto que tras estudiar en los años 1932-1933 en la escuela de diseño industrial *Bauhaus* bajo la tutela de Mies van Der Rohe, instaló en SOM la estrategia de abordaje integral del proyecto arquitectónico ejercitada en la mencionada institución, en la que también la fusión entre el arte y la industria constituía un principio fundante. En la imagen IMG\_03-02 se muestran esquemas de desarrollo y estudios previos de distintas obras en las que participó Turk Priestly, que permiten reconocer un viraje funcional y racional respecto de los antitéticos abordajes *Beaux Arts*. Otro aspecto a destacar en este proceso de cambios es que arquitectos como William Hartmann, Bruce Graham, Walter Netsch y Gordon Bunshaft, entre otros que durante los años que transcurrió la Segunda Guerra Mundial tenían la edad correspondiente para prestar servicio militar, fueron llamados a servicio, entrenados y, en algunos casos, enviados a Europa. En el frente de batalla, estos arquitectos debieron aplicar las estrategias pragmáticas que caracterizan a este tipo de situaciones límites, y posteriormente las incorporaron al retomar su práctica profesional<sup>73</sup>.

De hecho, la lógica de sistema como programa, inicialmente propuesto a partir del proyecto Oak Ridge, posteriormente fue profundizado por William Hartmann, permitiendo que propuestas de una marcada diferencia en su concepción formal fueran abiertamente planteadas como alternativas válidas para el desarrollo de un proyecto. Ejemplo de ello fue la opción concebida por Walter Netsch llamada "*Field Theory*". Esta teoría, desarrollada a principios de la década de 1960, proponía un sistema para encontrar alternativas creativas y soluciones innovadoras a los problemas estructurales con los que se enfrentaba cada arquitecto en cada proyecto específico. En particular, Walter Netsch proponía definir una serie de principios artísticos y trabajar con ellos<sup>74</sup>. Cabe señalar que su

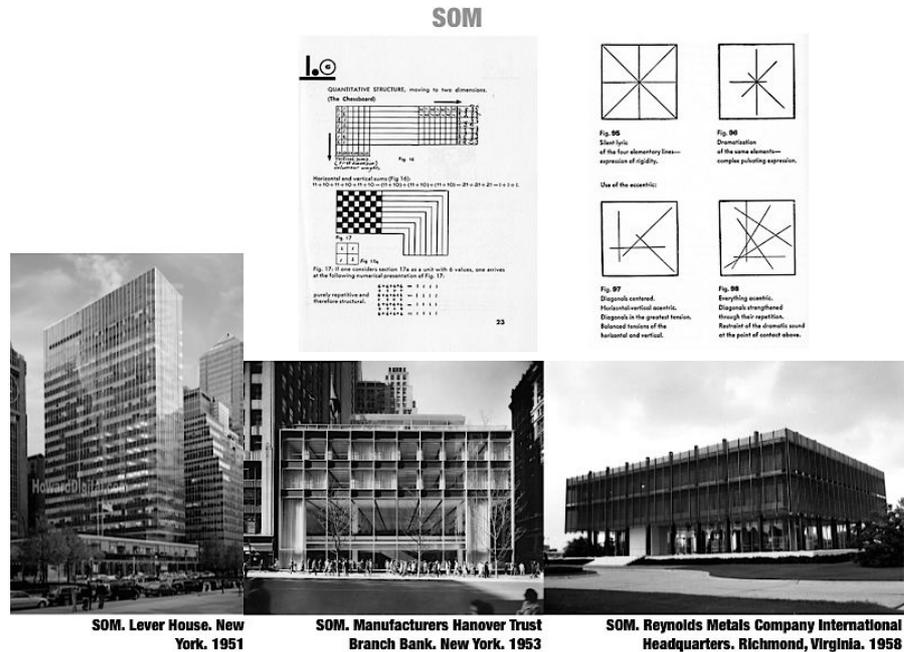
---

<sup>72</sup> Educado en la University of Princeton, Bachelor of Science, 1929 con una formación estrictamente *Beaux Art*.

<sup>73</sup> Adams, N. *Skidmore, Owings & Merrill: SOM since 1936*. London, Phaidon Press Inc, 2007.

<sup>74</sup> Blum, B. "Oral History of Walter Netsch". En: *Chicago Architects Oral History Project*. The Art Institute of Chicago, 8 de mayo y 5-28 de junio, 1995.

implementación no fue sencilla, ya que era una proposición fuera de lo convencional y calificada como controversial por algunos de los directores de la oficina.



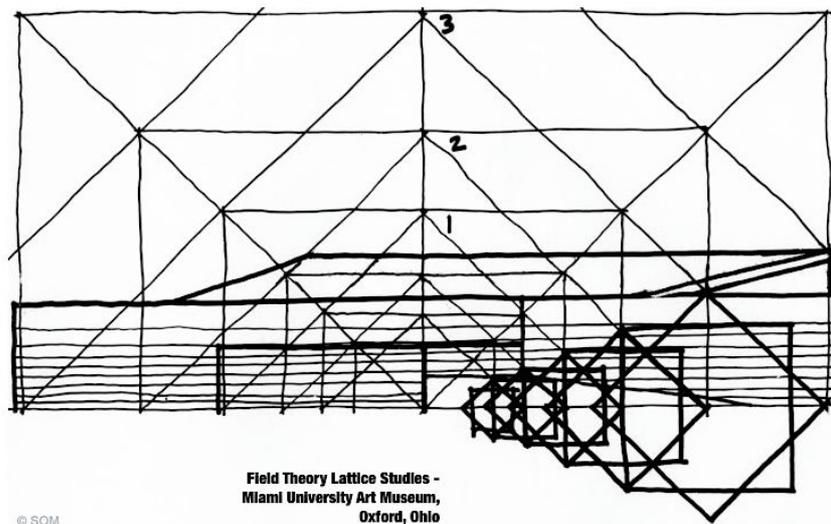
IMG\_03-02

Este abordaje continuó siendo desarrollado y derivó en un programa de geometría “multi-axial”, ilustrado en la imagen IMG\_03-03, que permitía utilizar elementos dimensionalmente similares y así minimizar la brecha entre diseño y construcción, tal como señala Nicholas Adams en su análisis sobre las transformaciones verificadas por las estrategias proyectuales de SOM:

*“Using Field Theory, a system based on Greek geometry that relied heavily on recursive calculation, architect Walter Netsch developed manual drafts of buildings that prefigured the type of complex designs that now populate the contemporary architectural landscape. For instance, Netsch’s design for the U.S. Air Force Academy Cadet Chapel contained 17 spires made up of 100 tetrahedrons that were painstakingly drawn out and reworked by hand”<sup>75</sup>.*

<sup>75</sup> “Inside the Blackbox: SOM's Technological Trajectory”. Disponible en: [www.somchina.cn/publication/inside-blackbox-soms-technological-trajectory](http://www.somchina.cn/publication/inside-blackbox-soms-technological-trajectory) Última visita 01/03/2014.

### Field Theory. Walter Netsch. SOM



© SOM

Fuente:SOM

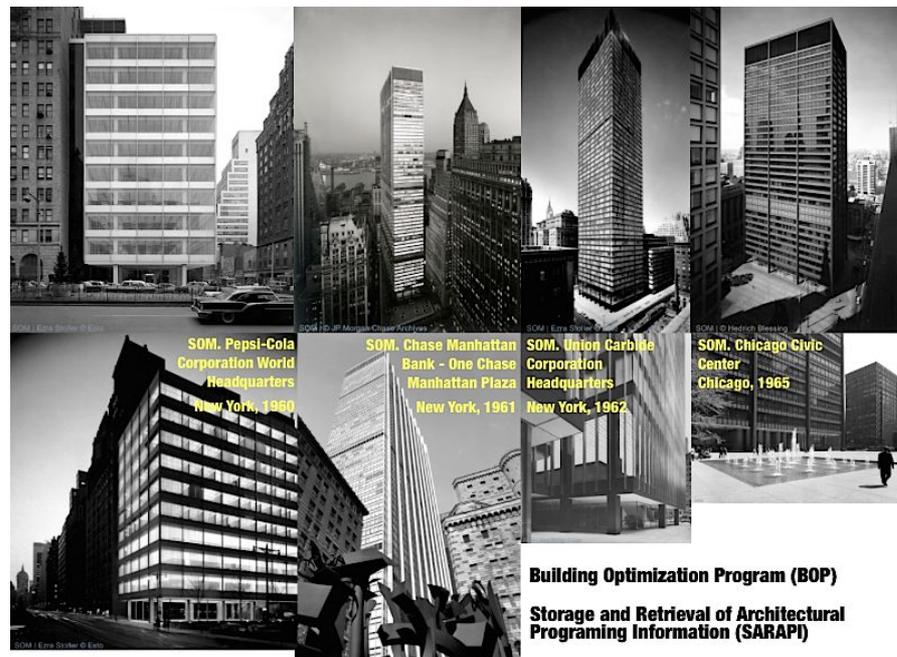
IMG\_03-03

En 1962 SOM comenzó a desarrollar el *Building Optimization Program (BOP)*, que podría ser considerada como una de las primeras aplicaciones de tecnología digital específica para la arquitectura. El objetivo de BOP era proyectar edificios ideales, considerando las áreas requeridas en el programa de necesidades, las dimensiones del terreno, entre otros datos de relevancia. Como resultado de esta combinación de información, el programa ofrecía estimaciones sobre el número de pisos necesarios, la cantidad óptima de ascensores, el sistema estructural principal, entre otras precisiones, y generaba un estudio preliminar del costo total del proyecto.

Buscando aumentar los beneficios resultantes de la utilización de estas herramientas, el mismo equipo profundizó sus desarrollos en torno a la necesidad de controlar los datos procesados, generando el *Storage and Retrieval of Architectural Programing Information (SARAPI)*<sup>76</sup>. La particularidad de esta nueva propuesta es que permitiría almacenar y analizar la totalidad de la información producida por la relación de los actores vinculados. Estos avances se transformaron en instrumentos fundamentales para el desarrollo de proyectos. La utilización de estas estrategias en obras como la *Pepsi-Cola Corporation World Headquarters (NY, 1960)*, el *Chase Manhantan Bank -*

<sup>76</sup> Fallon, K. *The AEC Technology Survival Guide: Managing Today's Information Practice*. New York, John Wiley & Sons, 1997, p. 207.

One Chase Manhattan Plaza (NY, 1961), la Union Carbide Corporation Headquarters (NY, 1962) o el Chicago Civic Center (Chicago, 1965) podría explicar la “familiaridad” que se puede apreciar en la modulación, la organización estructural y el aventanamiento de las obras ilustradas en la imagen IMG\_03-04.



IMG\_03-04

En la misma línea, hacia fines de la década de 1970 SOM desarrolló el *Structural Data Management System (SDMS)*, que permitía definir de manera precisa la geometría de la estructura y analizar los resultados gráficamente. Resulta evidente que tanto BOP, SARAPI como SDMS fueron desarrollos vinculados a la emergente incorporación de computadoras como instrumentos de diseño. Walter Netsch reconocía la magnitud del cambio y los riesgos que asumió la oficina al incorporar computadoras para el desarrollo de proyectos:

*“Graham and Khan lobbied SOM partners to purchase a mainframe computer, a risky investment at a time when new technologies were just beginning to take shape. The partners agreed, and Khan began programming the system to calculate structural engineering equations and, later on, to develop architectural drawings. Graham remarked that SOM was way ahead using the computer, noting that Khan—often referred to as the ‘Einstein of structural engineering’—was “already a computer genius” by the 1960s. These technological advances had a significant impact on how Graham and other SOM architects saw the future of design,*

*leading Graham to observe, "We have the technical tools as well as the crude consciousness of a new age"*<sup>77</sup>.

Los citados desarrollos de SOM fueron aplicados a otros destacados proyectos de la oficina, como el edificio *Hancock* (Chicago, 1967/1970) y la *Sears Tower* (actualmente *Willis Tower*, en Chicago, 1971/74). Particularmente para el desarrollo de esta última, propusieron una aplicación modular que analizaba la obra por partes –*Structural Generating System*–, para así obtener datos precisos sobre el diseño de la estructura a partir de gráficos sin la necesidad de disponer de grandes equipos informáticos.

*...“Since that first computer purchase, SOM has remained at the forefront of technology, mapping the ever-changing boundaries of digital design. As potential applications of these programs multiply, the ability to comprehend and manage the scope of possibilities grows more specialized, requiring investment not only in new software, but more importantly in minds that are capable of analyzing data and decoding the increasingly dense “black box” of computer technology”*<sup>78</sup>.

A manera de síntesis, SOM constituye un caso paradigmático para este trabajo porque para esta oficina la implementación de tecnología digital ha sido utilizada como generadora de conocimiento, y no sólo como un objeto o una herramienta.

*“Each project marks an advancement of the firm’s knowledge for eventual and deeper application on subsequent commissions. In this iterative process new areas of research are constantly identified, banked, and investigated, and the process, becomes an unending cycle of knowledge-building”*<sup>79</sup>.

A pesar de la vacilación manifiesta por la arquitectura en la incorporación de desarrollos en tecnología digital, otras disciplinas vinculadas con la industria de la construcción sí los implementaron sin mayores miramientos. Tal es el caso de la oficina de ingeniería norteamericana *Ellerbe Associates*, que en 1958 introdujo computadoras para desarrollo de aplicaciones vinculadas con la administración de información, específicamente para el cálculo de momentos en estructuras de concreto, logrando reducir marcadamente los tiempos destinados al diseño y producción de documentos para la construcción. Posteriormente, los ingenieros David Slides y Lavette Teaque de la compañía *Rust Engineering* desarrollaron una rutina para el cálculo del camino crítico, la que se constituyó un aporte significativo en la planificación de obras. Contemporáneamente, otros desarrollos de significativa relevancia fueron incorporados a la práctica profesional de la arquitectura,

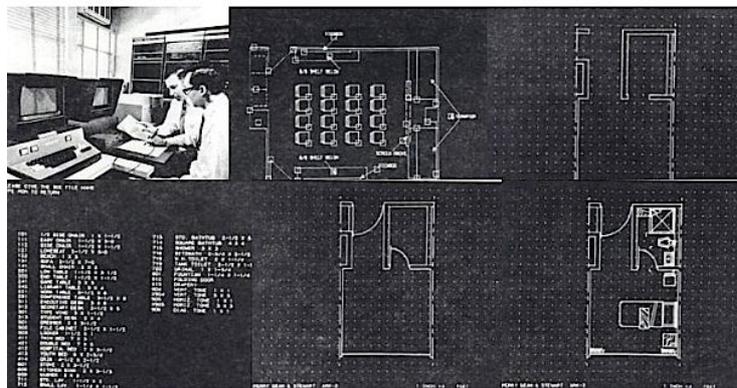
---

<sup>77</sup> Blum, B. “Oral History of Bruce John Graham”. Op. cit.

<sup>78</sup> “Inside the Blackbox: SOM's Technological Trajectory”. Op. cit.

<sup>79</sup> Idem.

como el *Computer Research System*. Esta aplicación comprendía una amplia gama de utilidades, como servicios financieros, layouts para instalaciones educativas, análisis de costos, análisis energéticos, desarrollo de pliegos con especificaciones particulares, administración de superficie, entre muchas otras. En 1966 se creó el sistema *Questioning, Understanding, Estimating, Selecting and Teamwork (QUEST)* que permitió manejar grandes volúmenes de información y ordenar los requerimientos específicos de cada programa de necesidades, ofreciendo alternativas para la óptima organización de los diferentes espacios de trabajo, como ilustra la imagen IMG\_03-05.



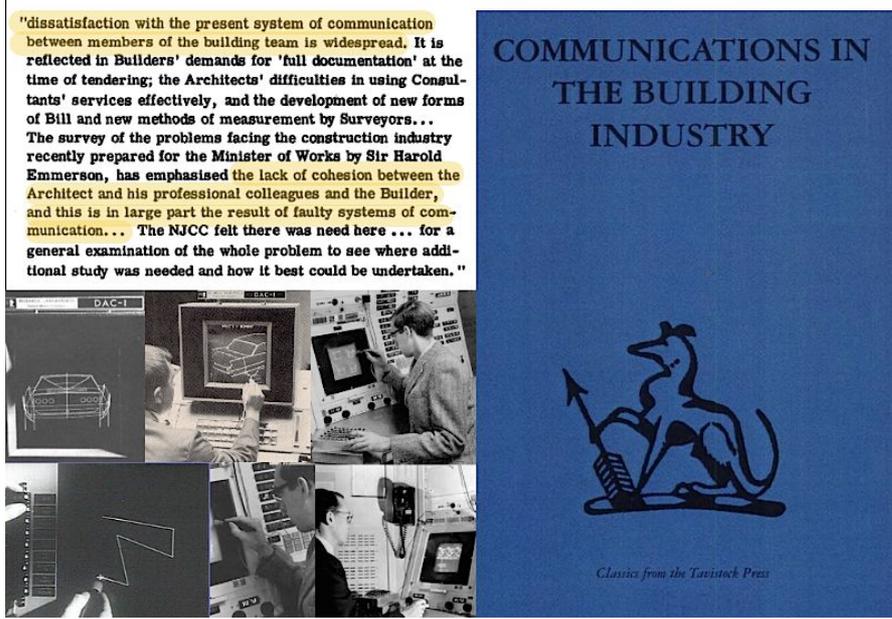
### The QUEST approach to design

*Through questioning, understanding, estimating, selecting, and teamwork (QUEST), planners can design hospitals that will easily accommodate future additions*

IMG\_03-05

Siguiendo la misma línea de revisión de procesos en cuanto al control de la información y búsqueda de eficiencia, Guerth Higgin y Neil Jessop publicaron en 1965 el libro: *Communication in the Construction Industry*, en el cual analizaban el *management* de las comunicaciones en los procesos constructivos. Los autores concluyeron que las decisiones básicas de control eran confusas en gran parte de los casos estudiados, ya que la información necesaria para su correcta implementación no estaba disponible a tiempo para ser evaluada y/o acordada por las partes involucradas. De acuerdo a sus análisis, parcialmente reproducidos en la imagen IMG\_03-07, sugirieron que *"...hasta tanto no se revisaran y evaluaran críticamente las metodologías de desarrollo de proyectos no iba a haber lugar para la incorporación de mejoras en favor de la pretendida eficiencia"*<sup>80</sup>.

<sup>80</sup> Higgin, G.; Jessop, N. *Communications in the Construction Industry*. London, Publisher Routledge, 1965, p. 128.



IMG\_03-06

La arquitectura no permaneció inmune a los continuos desarrollos tecnológicos de las décadas de 1970 y 1980, cuando las computadoras fueron incorporadas como herramientas de apoyo a los procesos de diseño. Por estos años fue fundada la compañía *Manufacturing and Consulting Services (MCS)*, que fue la responsable de desarrollar la herramienta *Automated Drafting and Machining (ADAM)*. Este producto sirvió como punto de partida para otros desarrollos como *UniGraphics*, de la empresa de ingeniería aeronáutica *McDonnell-Douglas*, y la aplicación de dibujo y diseño *Microstation* de *Bentley System Inc.* Los mencionados desarrollos produjeron algunas incisiones en los métodos y procedimientos existentes, poniendo en evidencia una serie de dificultades propias de las prácticas tradicionales que tornaron aún más necesarios los análisis sobre la incidencia de las innovaciones tecnológicas en la administración de la información en arquitectura.

En 1983, el informe *The Construction Industry Cost Effectiveness Project: More Construction for the money* propuso un interesante análisis sobre el comportamiento de la arquitectura y la construcción en coyunturas económicamente inestables<sup>81</sup>. Sus autores sugirieron considerar que la baja efectividad de los desarrollos de proyectos y construcción no podía ser atribuida a un participante en particular, sino que clientes, constructores, sindicatos, profesionales y oficinas del Estado debían

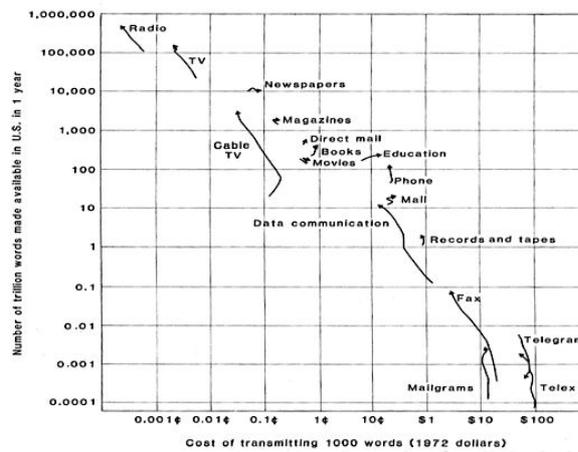
<sup>81</sup> Blough, R. "The Business Roundtable. More Construction for the Money". The Construction Industry Cost Effectiveness Project, 1983, p. 107. Disponible en: <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/BRTMoreConstructionForTheMoney.pdf> Última visita 01/03/2014.

compartir responsabilidades. De esta manera, cuestionaban indirectamente el concepto de autonomía disciplinar que la práctica tradicional defendía –y defiende– a ultranza. Finalmente, enfatizaron la necesidad de implementar soluciones menos aisladas y más colaborativas a través de la incorporación del concepto de *management systems*, y así administrando de manera más eficiente las diferentes etapas relacionadas con el desarrollo de proyectos. El índice del informe constituye un fiel testimonio de los temas que comenzaban a consolidarse como necesarios para poner en discusión dentro de la industria de la construcción, como “*las múltiples causantes de la declinación en la efectividad*”, “*una bizarra falta de información precisa*” y “*las deficiencias del management*”.

De radical relevancia para los temas aquí tratados fue el artículo publicado en 1983 por la prestigiosa revista norteamericana *Science*, “*Tracking the Flow of Information*”, donde se constataba que por primera vez en la historia el intercambio de información en formato digital superaba al intercambio en papel. Este fenómeno, que posteriormente creció exponencialmente y fue definido como “*Information Overload*”, produjo alteraciones en la mayoría de las disciplinas. Como respuesta, éstas debieron reaccionar introduciendo de manera súbita e improvisada actualizaciones y mejoras que resultaron muy difíciles de administrar con las metodologías vigentes. Esto se manifestó en una mayor pérdida de tiempo dedicado a rastrear información, en la confusión generada por quienes trataban de acceder a información no codificada, y, quizás más nocivo aún, en el uso de información irrelevante.

En este punto resulta pertinente aclarar que la sobrecarga de información que se reconoce en el mencionado estudio corresponde a estadísticas tomadas de un reducido número de grandes empresas y universidades en las décadas de 1970 y 1980, aún cuando el uso de computadoras e internet no alcanzaba la masividad que puede verificarse en la actualidad. Evidentemente, el volumen de información ha ido incrementando aún más a medida que un mayor número de participantes tiene acceso a diferentes plataformas desde donde obtener los datos, sumado a la reducción de costo en la transmisión de datos, como puede verse en la imagen IMG\_03-07. Paralelamente, se produjo una disminución en el costo de las herramientas de tecnología digital, ampliando la accesibilidad a empresas de menor envergadura y a profesionales independientes.

### Costo de la administración de información conforme el medio utilizado



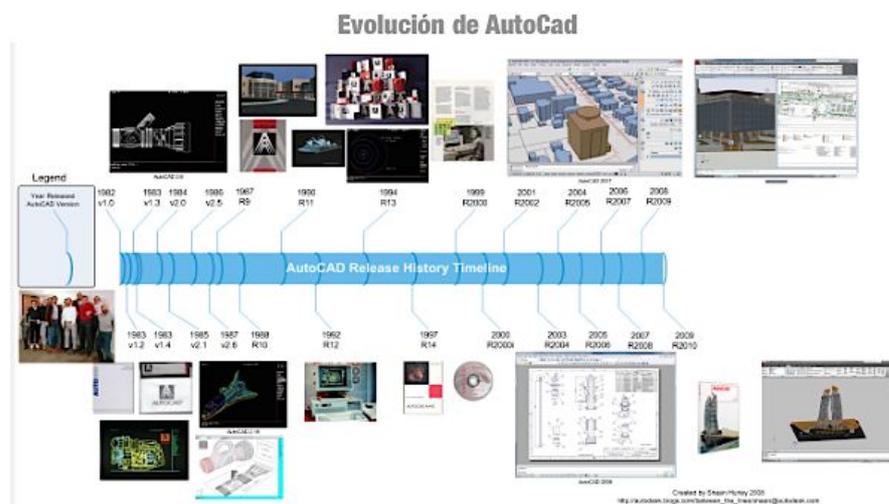
Fuente: Tracking the Flow of Information. Declining Costs and Increasing Volumes of Communication.

IMG\_03-07

Este proceso aumentó el flujo de información disponible y, consecuentemente, los protocolos de administración de la información fueron quedando obsoletos. De esta manera, fue cada vez más dificultoso conocer “quién” sabía “qué” cosa en “cuál” momento durante el proceso de desarrollo de proyectos. El desorden ocasionó respuestas singulares en micro escala que cada participante estableció desordenadamente como paliativo para su contexto inmediato. Esto puede verse claramente en los estudios de arquitectura que, sabiendo de la disponibilidad de nuevas herramientas y metodologías de diseño a costos accesibles, las fueron incorporando a pesar de no tener un conocimiento profundo de “qué” podían hacer, o “cómo” podían hacerlo. Un proceso similar se manifestó en la enseñanza, la que al contemplar el escenario en el que se desarrollaba la práctica privada, y con la intención de ofrecer a sus estudiantes la preparación necesaria para que puedan insertarse en el medio laboral que les esperaba, fue incorporando aisladamente estos desarrollos, de la mano de aquellos profesores que tenían algún interés particular por este tipo de herramientas. Así, se multiplicó y diversificó la oferta de cursos de *software*, talleres digitales y otras experiencias frecuentemente planteadas como asignaturas optativas. Sin embargo, su implementación no estuvo acompañada por el soporte curricular necesario para otorgarle una estructura pedagógica integral.

Similar a la realidad planteada por el informe del *Architectural Graphics and Standards*, los profesionales una vez más se vieron inmersos en un contexto caótico y carente de referencias; en consecuencia, en la mayoría de las cosas cada actor fue haciéndose cargo de su propio escenario,

adoptando los nuevos instrumentos para la generación y el intercambio de información. El cambio no fue consecuencia directa de su voluntad por ampliar su conocimiento en cuanto a metodologías de diseño y proyecto, o por satisfacer su curiosidad, sino por presión del mercado laboral, el que les demandaba la producción de información gráfica para el desarrollo de proyectos en sistemas de diseño asistido por computadoras. A principios de la década de 1980 se difundió el uso de las “mini computadoras”, apelativo que destaca su menor tamaño si se las compara con sus precedentes, con mucha más potencia y menor costo. En los años siguientes esta tendencia no se detuvo, multiplicándose la implementación de nuevas metodologías de Diseño Asistido por Computadoras (CAD, por su sigla en inglés), evolución que muestra la imagen IMG\_03-08.



Fuente: [http://autodesk.blogs.com/between\\_the\\_lines/autocad-release-history.html](http://autodesk.blogs.com/between_the_lines/autocad-release-history.html)

IMG\_03-08

Estos avances tecnológicos se transformaron en una verdadera amenaza para los métodos tradicionales de desarrollo de proyectos, ya que permitían proyectar de manera más económica debido a la capacidad de reproducir información digitalmente rápidamente, fácilmente y de forma casi ilimitada, ampliando la accesibilidad de los actores que participaban en el desarrollo.

Continuando con esta línea de revisión, debe destacarse que al fin del siglo pasado sucedieron hechos que en el contexto de la problemática que está siendo estudiada resultan difíciles de soslayar. Entre diciembre de 1995 y julio de 2000, el número de usuarios de internet creció de 16 a

361 millones; es decir alrededor de 2300%<sup>82</sup>. Este incremento no fue anecdótico para la administración de la información en el desarrollo de proyectos, sino que movilizó profundos análisis, como el artículo *“Construction and the internet: New Wiring”*<sup>83</sup>, publicado por la revista estadounidense *The Economist*. En el escrito, sus autores manifestaban que la ineficiencia, los errores y las demoras en los procesos constructivos consumían un tercio del dinero destinado a la construcción. El análisis de la mencionada publicación comprendía el período caracterizado por la volatilidad formal experimentada por la arquitectura en la década de 1990, pero en el que llamativamente sólo un limitado número de los desfasajes financieros fueron puestos a consideración de la población. Obras frecuentemente destacadas en el debate profesional por su osadía e innovación, como aquellas incluidas en la imagen IMG\_03-09, eran las referidas en el escrito por su desequilibrio presupuestario. El principal argumento esgrimido para justificar los desequilibrios presupuestarios, atendían a la dificultad de lograr un trabajo integrado y coordinado entre los diversos profesionales involucrados, ya sean arquitectos, ingenieros, urbanistas, economistas y especialistas de todo tipo, a lo largo del tiempo que llevaba el proyecto y construcción de un edificio.

*“Gastos innecesarios e ineficiencia son grandes problemas de las obras de arquitectura, y es fundamentalmente no sustentable en términos ambientales y económicos. The Economist informó en el año 2000 que las ineficiencias, errores y retrasos totalizan 200,000.00 millones de los \$ 650,000.00 millones invertidos en la construcción cada año, casi un tercio de la inversión total se pierde”.*

*The Economist, “New Wiring”, January 2000*



IMG\_03-09

<sup>82</sup> Zakon, R. *Hobbes's Internet Timeline. 1993-2011*. Disponible en: <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/> Última visita 01/03/2014.

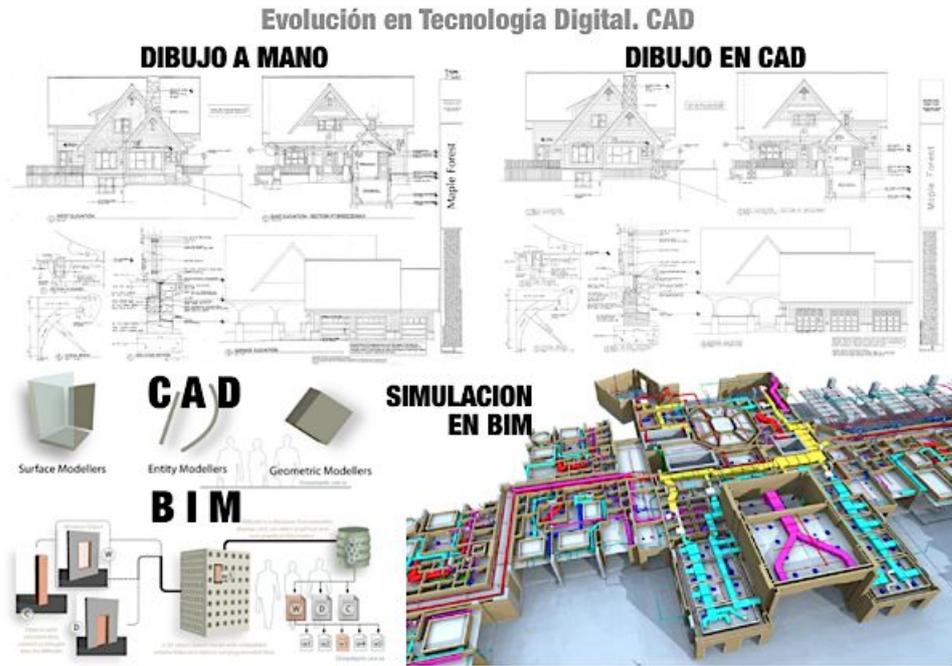
<sup>83</sup> “Construction and the Internet: New wiring”. En: *The Economist*, New York, 13 de enero de 2000. Disponible en: <http://www.economist.com/node/273886> Última visita 01/03/2014.

En particular, los autores señalaron que cada proyecto implicaba gran cantidad de gráficos, esquemas, acuerdos y contratos -la gran mayoría de estos registrados en papel-, cuya vigencia se perdía al momento en que eran impresos, transformándose en la fuente primaria de la gran mayoría de los errores que se podían registrar en una obra. Finalmente, las conclusiones del artículo recomendaban observar más de cerca la comunicación, la administración de la información y la fragmentación existente en los procesos de diseño y construcción.

En consecuencia, es posible afirmar que la construcción es un proceso aletargado por variables que se encuentran fuera del control directo de los actores involucrados, como son los reglamentos, los sindicatos o el clima. Las modificaciones resultantes de estas condicionantes son difíciles de modificar en los documentos impresos, ya que requieren de mucho tiempo y dinero para hacerlo, por lo que la actualización de la información conforme avanza el proceso constructivo de una obra no es una práctica regular, posicionando a la industria de la construcción como una poco eficiente.

La tendencia a la revisión de las prácticas tradicionales en lo que refiere a la administración de la información fue transversal a muchas disciplinas, incluyendo a la arquitectura; sin embargo, siendo que ésta ha demostrado no ser realmente permeable a los cambios, se profundizó el escenario de desajuste en cuanto a la transferencia tecnológica. Mientras que la arquitectura, en general, sigue requiriendo de un set impreso de abstracciones geométricas bidimensionales para poder ser parte del escenario de las reglamentaciones necesarias para el desarrollo de sus proyectos, en otros campos de acción el intercambio de información se da en su mayoría digitalmente. Esta dicotomía plantea un gran desafío para la arquitectura, porque si bien la ideación y el desarrollo de proyectos siguen la dinámica y la flexibilidad de los medios digitales, la comunicación de los mismos debe acomodarse a metodologías de representación tradicionales, complejizando el entendimiento de las intenciones por la dificultad de su lectura. La implementación de sistemas CAD, si bien permitió una transformación en cuanto a la producción de documentos, no ha cambiado en esencia los métodos tradicionales. Tanto los dibujos realizados a mano como los realizados con alguna herramienta CAD, como muestra la imagen IMG\_03-10, están compuestos por líneas, superficies y volúmenes, pero cada elemento continúa siendo una abstracción geométrica que por un set de convenciones ingresa

al marco disciplinar de la arquitectura como algo diferente. Solo en los actuales sistemas BIM, por su capacidad de integrar datos, no es necesario recurrir a interpretaciones de las abstracciones.



Fuente: Fuentes varias. Gráfico del autor

IMG\_03-10

**CAPITULO 04**  
**LA COMUNICACIÓN DE LAS INTENCIONES DE DISEÑO**

## **METODOLOGÍAS PARA LA COMUNICACIÓN EN LOS PROCESOS DE DISEÑO**

El análisis de la evolución en las comunicaciones de las intenciones de diseño, a manera de *Knowledge Management* sobre el desarrollo de proyectos en arquitectura, se presenta como una alternativa para entender el presente de la práctica profesional, siendo que propone la reiteración de respuestas anticuadas para resolver los requerimientos actuales. Es necesario también reconocer que tanto la sociedad y la arquitectura de principios del siglo XXI son diferentes respecto de sus manifestaciones anteriores, y, por lo tanto se ven compelidas a responder a su condición de época.

Antes del Renacimiento, la manera de transferir las intenciones de diseño que había surgido de cónclaves entre los maestros constructores, el clérigo, los gremios y las agrupaciones que aportaban fondos, era la comunicación oral directa y la ejemplificación en obra. Otro medio eran los modelos físicos que se constituían como simulacros a escala, complementados con esquemas de modulación y rudimentarios dibujos de detalles. Este material proporcionaba una representación *pseudo* real del diseño y permitía que los actores interesados pudieran comprender la propuesta desde distintos puntos de vista. Estos modelos servían tanto como herramientas de diseño como planes de construcción y registros del diseño.

El uso de modelos físicos planteaba una manera directa de comunicación del diseño propuesto para las personas que lo ejecutaban. El “maestro constructor” alcanzaba su jerarquía trabajando prolongados períodos en obras de gran envergadura, inicialmente como aprendices de otros maestros constructores consagrados, como por ejemplo en las catedrales durante el período gótico<sup>84</sup>. Éstos apelaban a su experiencia y conocimiento personal, y eran los encargados de interpretar y explicar a los constructores las características claves del diseño. Al surgir preguntas, éstos volvían al maestro y al modelo físico para orientarse nuevamente. Esta transformación del conocimiento personal, como método de comunicación de las intenciones del diseño, en una manifestación construida a través de modelos físicos, inevitablemente dejaba de lado algunos detalles singulares muy difíciles de compartir. En consecuencia, la construcción dependía de la capacidad de los artesanos constructores, debido a que la información que no estaba completamente definida se resolvía *in situ*. La extensión de las obras en el tiempo hacía que se

---

<sup>84</sup> Kostof, S. “El arquitecto en la Edad Media, en Oriente y en Occidente”. En: *El arquitecto: historia de una profesión*. Madrid, Cátedra, 1984.

fueran sucediendo los maestros constructores responsables, sin poder entonces definir una autoría, tal fue el caso de la catedral de *Notre Dame en Reims* (Francia) en la que estuvieron a cargo *Jean d. Orbais, Jean-Le-Loup, Gaucher de Reims y Bernard de Soissons*, entre otros, en el período que va desde 1211 a 1310<sup>85</sup>. De esta manera queda definido el entorno de administración del conocimiento en el que se desarrollaban las construcciones medievales.

Durante el Renacimiento surgió un nuevo método de comunicación de las intenciones de diseño, que proponía descomponerlas en una serie de dibujos arquitectónicos, representados a través de proyecciones ortogonales<sup>86</sup>. Este método fue ampliamente adoptado, particularmente por mitigar las ineficiencias inherentes a la administración del conocimiento tácito que eran producto de basarse casi exclusivamente en modelos físicos y explicaciones orales para comunicar el diseño. Uno de los pioneros en su desarrollo fue Leon Battista Alberti (1404/1472), quien, habiendo sido educado como abogado, generó argumentos innovadores en sus escritos respecto de la comunicación de las intenciones de diseño, en los que manifestó la necesidad de incorporar conceptos de geometría euclidiana a los dibujos de arquitectura<sup>87</sup>. En este contexto se consolidó un nuevo sistema que desdobló la propuesta proyectual en una serie de gráficos que representaban el diseño a través de convenciones fácilmente transferibles a terceros, desplazando el método medioeval.

*... "Alberti's distinction between building and design -lineamenta- is spelled out in various but unequivocal terms in the first, second, and ninth books of De re aedificatoria, and it is one of the foundational principles of his entire architectural theory. His new geometrical definition of architectural project drawings -and models- provided a consistent set of notational tools suited to his new, allographic -a letter or combination of letters that is one of several ways of representing one phoneme- way of building"<sup>88</sup>.*

Los nuevos gráficos eran proyecciones geométricas bidimensionales, como plantas, vistas, elevaciones, etc., las que, si bien contenían un alto grado de abstracción, pudieron codificar lo tácito en un protocolo explícito que contribuiría a minimizar las diferencias en las interpretaciones. Cada

---

<sup>85</sup> Branner, Robert. "The Labyrinth of Reims Cathedral". En: *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol.21, 1962, p. 18-25.

<sup>86</sup> Wilkinson, C. "El nuevo profesionalismo en el Renacimiento". En: Kostof, S. *El arquitecto: historia de una profesión*. Madrid, Cátedra, 1984.

<sup>87</sup> Alberti, L. *De re aedificatoria*. (translated by Joseph Rykwert, Robert Tavernor and Neil Leach). Cambridge. Massachusetts. MIT Press. 1988 (1° ed 1452). Sobre esta publicación, ver: Lefèvre, W. *Picturing Machines 1400-1700*. Cambridge, MIT Press, 2004.

<sup>88</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 20.

dibujo constituía un contenedor de información, y estaba organizado como un conjunto de líneas individuales, que a su vez estaban compuestas por un punto de origen y un punto de destino que definía un camino y su longitud. A esto podían seguir trazos de gran variedad y complejidad con el fin de representar un borde visible del objeto que estaba siendo proyectado. Sin embargo, debido a su carácter abstracto, la interpretación final, aquella que permitía cerrar el ciclo de la conversación iniciada, dependía exclusivamente de las personas involucradas en su lectura para comprenderla plenamente y proceder a su construcción<sup>89</sup>.

El sistema gráfico renacentista fue ampliamente adoptado por la práctica, siendo sucesivamente avalado en tratados como *La Regola delle cinque ordini dell'architettura* de Giacomo Barozzi da Vignola (1562), *L'Quattro Libri dell'Architettura* de Andrea Palladio (1570), o *L'sette libri dell'architettura* de Sebastiano Serlio (1584). Como puede apreciarse en las imágenes IMG\_04-01 e IMG\_04-02, las abstracciones geométricas bidimensionales representaban las intenciones de diseño en planta, vista, detalles, etc. Algunos de estos dibujos incorporaban componentes expresivos, como sombras o tramas, que buscaban lograr efectos sensoriales para precisar sobre los detalles de la materialidad.

#### Abstracciones Geométricas Bidimensionales en el Renacimiento: Alberti y Vignola

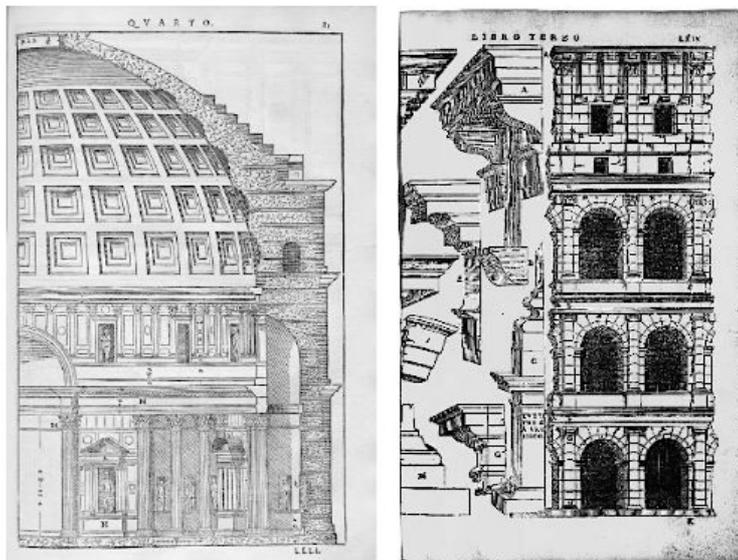


Fuente: *The Alphabet and the Algorithm*. Mario Carpo. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts London, England, 2011

IMG\_04-01

<sup>89</sup> Katz, G. *BIM Curriculum*. San Rafael, AutoDesk & Stanford University, 2010.

## Abstracciones Geométricas Bidimensionales en el Manierismo: Palladio y Serlio



Fuente: *Architecture in the Age of Printing. Clarity, Writing, Typography, and Printed Images in the History of Architectural Theory*. Mario Carpo. 2001

IMG\_04-02

Con el Iluminismo, nuevos desarrollos en técnicas gráficas se dieron de la mano de Gaspard Monge y un grupo de intelectuales de *L'École Polytechnique de Paris*, quienes lograron sistematizar la representación tridimensional sobre una superficie bidimensional; es decir, la geometría descriptiva. Estas bases formales alcanzaron gran difusión en los múltiples manuales y enciclopedias que hacia finales del siglo XVIII el pensamiento ilustrado se encargó de difundir, como los *Précis des leçons d'architecture de Jean Louis Nicolas Durand (1799)*<sup>90</sup>.

Desde principios del siglo XIX las abstracciones geométricas bidimensionales fueron alcanzando mayor precisión, transformándose en el medio de comunicación excluyente hasta mediados del siglo XX. La utilidad de estas herramientas ha permitido que sean implementadas en diferentes disciplinas, como la geografía, la arquitectura, la ingeniería, etc. Sin embargo, no es posible desdeñar que el poder comunicacional de las abstracciones es limitado y nunca será inequívocamente claro, totalmente completo, correcto, internamente consistente o coordinado cuando éste es vinculado con documentación producida por otros actores participantes.

<sup>90</sup> Parera, Cecilia. "Compendio de lecciones de arquitectura, de J.N.L. Durand". En: *Origen*. Revista Oficial del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Santa Fe Distrito 1, n° 48, setiembre 2010, p. 60-62.

Durante las décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, sucedieron una gran cantidad de acontecimientos tecnológicos y sociales que requirieron introducir mejoras en la productividad de los procesos involucrados en el desarrollo de proyectos<sup>91</sup>. Debido al aumento en la complejidad de los edificios, fue necesario generar, administrar y representar un mayor volumen de información, ya sea planos o gráficos, que debían ser dibujados, revisados, corregidos y aprobados. Estas tareas consumían cada vez más recursos, afectando presupuestos y cronogramas. Con el tiempo, la metodología concebida en el Renacimiento resultó insuficiente para procesar y representar información multidimensional, aumentando la incertidumbre en el desarrollo de proyectos y poniendo a los actores en la posición de tener que intuir lo que representaban las abstracciones geométricas o los gráficos de referencia, como le expresa Mario Carpo:

*... "Construction drawings generally contain some pre-calculated measurements in the form of digits inscribed in the drawing. All measurements that are not given as numbers, however, are shown only analogically by the length of segments drawn to a given scale. From these, the real measurements must, when necessary, be calculated arithmetically... Architects soon realized that the new way of building from scaled drawings had a catch: if you cannot measure an object in a drawing, then no one can build it. If all that is built from notations, and if the drawings -or models- must contain all of the necessary data for an object to be built identically to its design, it follows that in most cases what can be built is determined by what can be drawn and measured in drawings"<sup>92</sup>.*

La transición del tablero de dibujo a las plataformas digitalizadoras, de las plumas de tinta a las impresoras, y del papel de calcar al dibujo en *layers*, posibilitado por las innovaciones en tecnología digital, fue un proceso natural que resultó ser lógico y sencillo para los profesionales a la hora de comunicar sus intenciones de diseño, relacionarlos con otras disciplinas y dar mayor consistencia a las propuestas. Como puede verse en la imagen IMG\_04-04, los inicios de la digitalización de las intenciones de diseño se verifican con en la década de 1960 por el uso del sistema *DAC-1* de la *General Motors*, proceso que ha continuado evolucionando en cuanto a precisión, definición, tiempo, costo, interoperabilidad, colaboración, etc.

---

<sup>91</sup> Booker, P. *A History of Engineering Drawing*. London, Chatto & Windus, 1963.

<sup>92</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 30.

### General Motors DAC-1

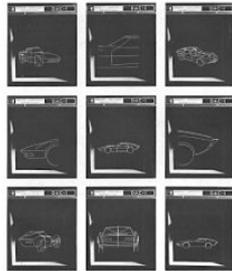
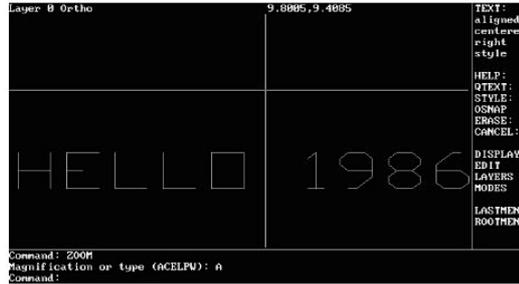


FIG. 1-4. Size expansion, rotation, and partial views in a DAC-1 design studio.

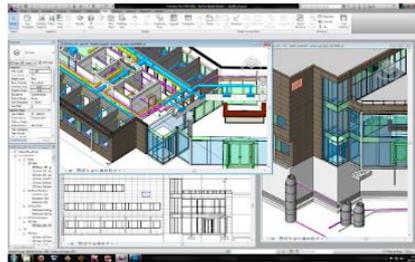
### Autodesk AutoCad



### GraphiSoft ArchiCad



### Autodesk Revit

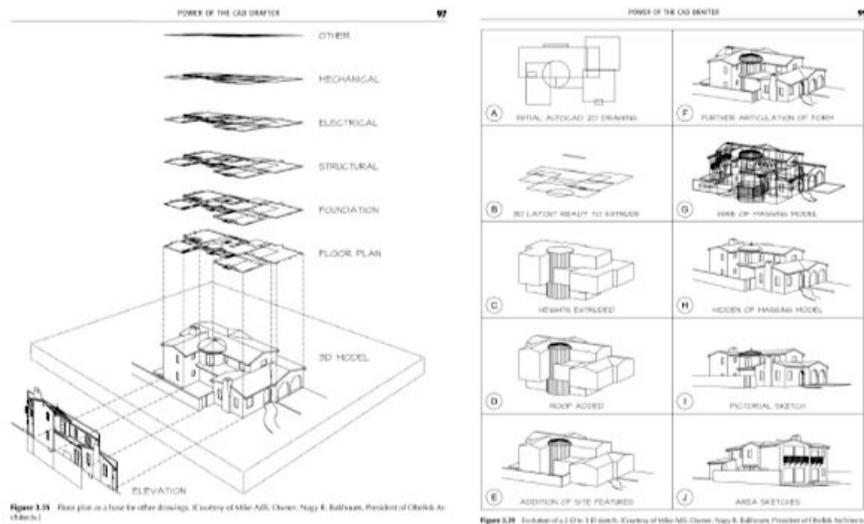


Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_04-04

A mediados de los años 1980s se consolidó el sistema CAD, el que puede ser considerado como la primer “mecanización digital” en el campo de la arquitectura, que ya había sido “mecanizada” en el Renacimiento. Con el tiempo, el CAD fue reemplazando gran parte del volumen de trabajo producido por los arquitectos mediante las tradicionales herramientas análogas de dibujo y representación. La posibilidad de incorporar datos a las abstracciones geométricas, de administrarlos y de transformarlos en información multiplicó los beneficios del trabajo de dibujar representaciones bidimensionales y tridimensionales. Los reemplazos fueron dándose en diferentes escalas y en el marco de diversos condicionantes, por ejemplo el costo de los equipos, el desarrollo de nuevos *software* y la capacidad de formación de los recursos humanos. Sin embargo, no es posible dejar de lado que su implementación fue constante. La imagen IMG\_04-05 ejemplifica gráficamente algunas de las nuevas posibilidades brindadas por los sistemas CAD para la comunicación de las intenciones de diseño, como ser la flexibilidad para introducir cambios, las múltiples formas de representar un mismo objeto y la capacidad de reproducir la información casi ilimitadamente para que pueda ser vista por los distintos actores que participan en el proyecto.

## Flexibilidad los sistemas CAD para ser utilizados en diferentes disciplinas



Fuente: The Professional Practice of Architectural Working Drawings. Third edition. John Wiley & Sons. 2003

IMG\_04-05

Si bien la incorporación de sistemas CAD transformó significativamente la manera de dibujar, no reemplazó la metodología renacentista, donde los objetos eran definidos por líneas interconectadas.

El aumento significativo en la facilidad con la que se podía producir, compartir, utilizar y reutilizar la información aportó mayor coherencia a la producción de información, al brindar la posibilidad de encontrar errores, transformándose así en una mejora cualitativa de los procesos. Pero más allá de esta abultada disponibilidad de información, no cambió el hecho de que las líneas siguieran siendo líneas, fueran dibujadas con lápiz, impresas en papel o generadas como un conjunto de bits en pantalla<sup>93</sup>. La imagen IMG\_04-06 permite reconocer que si bien hubo un cambio significativo mediante el uso de sistemas CAD, no se alteró en esencia la metodología precedente, y los dibujos siguieron siendo abstracciones geométricas. Cada elemento de la representación gráfica siguió siendo una entidad aislada, y las relaciones entre cada uno siguió regida por un protocolo de relaciones y de convenciones disciplinariamente cerrado que contribuían a edificar la interpretación<sup>94</sup>.

<sup>93</sup> Weisberg, D. *The Engineering Design Revolution CAD History*. Merrill Series in Mechanical, Industrial, and Civil Technology, 2008, inédito. Gentileza Phillip Bernstein.

<sup>94</sup> AA. VV. *Overview of the Computer-Aided Design and Manufacturing Engineering Marketplace*. Mountain View, Input, 1982.

## Desarrollo evolutivo en los sistemas CAD



Fuente: The Professional Practice of Architectural Working Drawings. Third edition. John Wiley & Sons. 2003

IMG\_04-06

### **LAS IMAGENES COMO HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN EN ARQUITECTURA**

La representación de proyectos a través de imágenes es una herramienta de comunicación de las intenciones de diseño que contiene un alto grado de abstracción. Entre las primeras experiencias tendientes a informar sobre particularidades de un proyecto de arquitectura es posible nombrar a las perspectivas, las que utilizan una técnica de sistematización de la ubicación de los elementos en el espacio definida en el Renacimiento y sistematizada por Leon Battista Alberti en su *De Pictura* (1436)<sup>95</sup>. Este método de dibujo del espacio tridimensional fue evolucionando a fin de maximizar su capacidad comunicativa, como así también expresiva, como lo demuestra la consolidación de las perspectivas en los proyectos desarrollados en la Académie Royale d'Architecture en París en el siglo XVIII y su sucesora, L'École des Beaux Arts, incluso hasta promediar el siglo XX<sup>96</sup>. Las vistas a vuelo de pájaro, los *esquisses* y las acuarelas de interiores también abrevan de esta intencionalidad ilusionista.

En términos generales, las representaciones constituyen una negociación entre la verosimilitud, los deseos y el carácter expresivo de las obras de arquitectura. Por ejemplo, los efectos emotivos buscados en los edificios diseñados se realizan a través del juego de las luces y las sombras, y se

<sup>95</sup> Castex, J. *Renacimiento, barroco y clasicismo. Historia de la arquitectura, 1420-1720*. Madrid, Akal, 1994.

<sup>96</sup> Drew Egbert, D. *The Beaux Arts tradition in French Architecture*. New Jersey, Princeton University Press, 1980.

representan usando metodologías tradicionales basadas en líneas<sup>97</sup>. Esta técnica es difícil de vincular directamente con los efectos deseados, particularmente si no se participa del protocolo disciplinadamente cerrado que permite entenderla como *“la representación codificada de los rayos del sol sobre la cara visible del edificio que se está representando a través de una abstracción geométrica bidimensional que hace las veces de fachada o vista del edificio”*.

*...“It is probably the beauty and powerful attraction of perspective drawing that is responsible for this strange idea that a building is a static structure. No one, of course, lives in Euclidian space; it would be impossible, and adding the “fourth dimension,” as people say—that is, time—does not make this system of coordinates a better cradle for “housing,” so to speak, our own complex movements. But when you draw a building in the perspective space invented in the Renaissance -and made more mobile but not radically different by computer assisted design-, you begin to believe that when dealing with static objects, Euclidian space is a realist description. The static view of buildings is a professional hazard of drawing them too well”<sup>98</sup>.*

Un ejemplo elocuente para comprender la importancia de estas representaciones es un fragmento del discurso de Louis Skidmore, socio fundador de SOM, al momento de recibir la Medalla de Honor del American Institute of Architecture en 1949. Skidmore comentó que Carl Landefeld<sup>99</sup>, al ver el gran volumen de gráficos analíticos y diagramas que fueron necesarios para entender la complejidad del plan maestro para la población de Oak Ridge, reconoció que *“estos gráficos de análisis representan para la arquitectura en la actualidad, lo que los croquis fueron para el sistema Beaux Art”<sup>100</sup>*.

Las imágenes como herramientas para comunicar las intenciones de diseño pueden representarse de maneras muy variadas, y han ido evolucionando desde un punto de vista tecnológico en paralelo con las nuevas técnicas de reproducción. Sin embargo, por su propia naturaleza no han perdido su carácter estático. Esto es verificable al analizar las imágenes incluidas en gran parte de la producción de proyectos de arquitectura en la actualidad, desde los dossiers de los emprendimientos inmobiliarios, los concursos de arquitectura, hasta los trabajos prácticos de los estudiantes. En su mayoría, son representaciones efectistas -sin intención de poner en discusión su carácter simbólico y artístico- que contienen poca información relevante en cuanto a la infraestructura, la estructura, el costo, la financiación, la planificación u otros aspectos relevantes que definen el proceso. A pesar

---

<sup>97</sup> Picon, A. “Architecture and the virtual. Toward a new materiality”. Op. cit.

<sup>98</sup> Latour, B. Yaneva, A. “Give me a Gun, and I will make all Buildings Move”. En: Geiser, R. (ed.). *Explorations in Architecture: Teaching, Design, Research*. Basel. Birkhäuser, 2008, p. 81.

<sup>99</sup> Arquitecto de formación Beaux Art, eximio dibujante ganador del prestigioso premio Pencil Press en 1928.

<sup>100</sup> Adams, N. *Skidmore, Owins & Merrill: the experiment since 1936*. Op. cit., p. 24.

que sean desatendidos, no se puede desconocer que se trata de información crítica que necesariamente debe ser compartida en los entornos multidisciplinares y colaborativos que tienen como finalidad construir el proyecto. Antoine Picon reflexiona sobre el carácter y las importancia de las imágenes como representación en arquitectura, particularmente en referencia a la oposición entre lo real y lo virtual:

*... "The ambiguity of architectural design reflects on architectural representation. As convincing as they may appear, the modes of representation used to convey architectural intentions do not correspond fully to the experience of the built reality. If we put aside architectural drawings, we never see buildings in plan and elevation, to say nothing of the cross-section. The same applies of course to the modernist axonometric view that presupposes an observer situated ad infinitum. Generalizing from this last example, one would be tempted to affirm that architectural representation, just as the cartographic one, presupposes an observer located in an impossible place. Architectural representation is always submitted to contrary tendencies, the quest for verisimilitude and the desire to preserve margins of indeterminacy"<sup>101</sup>.*

En la actualidad, gran parte los *renders* provienen de modelos realizados con herramientas CAD, y siguen constituyendo representaciones aisladas, por la propia naturaleza del set de herramientas de tecnología digital que son utilizados para su concreción. Por ejemplo, para el diseño esquemático tridimensional de una propuesta los arquitectos pueden utilizar *Trimble SketchUp*, para el desarrollo de geometrales *AutoCad* -en particular aquellos que tuvieron que adaptarse al uso de sistemas de dibujo asistido por computadoras en la década del 1990- o *ArchiCad* -sobre todo quienes desarrollaron gran parte de su actividad a principios del siglo XXI-. Para el modelado 3D los profesionales pueden optar por *Autocad*, *3DMax*, *ArchiCad*, *FormZ* y otros, mientras que para el renderizado las alternativas son *3DMAx*, *VRay for 3DMax*, *VRay for Sketchup*, *ArtLantis*, entre otros. Si lo que el arquitecto precisa es realizar un cómputo, un costeo y una planificación del proyecto, utiliza generalmente planillas de cálculo tipo MS Excel, aunque también puede utilizar aplicaciones como *MS Project Manager*, *Primavera*, etc. Para la pos-producción de los *renders* el *software* más elegido a través de los años ha sido *Adobe PhotoShop*, y luego para la compaginación final de la propuesta otro *software* adicional, que comúnmente es *CorelDraw*. Este listado no pretende ser tenido en cuenta como único, siendo que existe una gran cantidad de *software* para las distintas etapas de desarrollo de los proyectos. Su objetivo, en realidad, es demostrar el carácter estático y fragmentado del proceso, y la resultante aislación tanto de las representaciones obtenidas -plantas,

---

<sup>101</sup> Picon, A. "Architecture and the virtual. Toward a new materiality". Op. cit., p. 107.

cortes y secciones-, como de los modelos tridimensionales, planillas de cálculo, imágenes o paneles para las presentaciones.

Las innovaciones en tecnología digital incorporadas en los últimos años, como BIM, están ayudando a los profesionales de la arquitectura a minimizar la brecha existente entre la concepción y la representación de la idea, trabajando ambas instancias del desarrollo del proyecto en conjunto, destacando la importancia de “qué” se está intentando hacer, sin separarlo de “cómo” se piensa hacerlo y “por qué”. En este nuevo entorno, los dibujos de arquitectura ya no son abstracciones geométricas, sino que constituyen una simulación, en tanto potencial de realidad, de las propiedades materiales y físicas del proyecto.

Los nuevos instrumentos para el desarrollo de proyectos en arquitectura poseen una amplia gama de recursos para comunicar y transmitir las intenciones de diseño a la construcción, puede ser un boceto básico, crear simulaciones de la realidad considerando el consumo energético o directamente construir lo diseñado. Esta característica permite superar la naturaleza estática y abstracta de una representación, condicionada a la utilización de un protocolo cerrado que la valida arbitrariamente. Se trata de un cambio paradigmático, ya que con estas innovaciones tecnológicas se puede construir directamente desde el *software* utilizado para el diseño, como sugiere Mario Carpo:

*...“Due to cad-cam integration, and counter to the Albertian principle of separation between notation and construction, digital architects today are increasingly designing and making at the same time. Acting almost like prosthetic extensions of the hands of the artisan, digital design and fabrication tools are creating a curiously high-tech analog of preindustrial artisanal practices. Ultimately, Alberti’s modern and humanistic authorial tenet, which called for the final notation of an object -its blueprint, in twentieth-century parlance- to be materially executed without any change, may also be doomed in a digital design environment”<sup>102</sup>.*

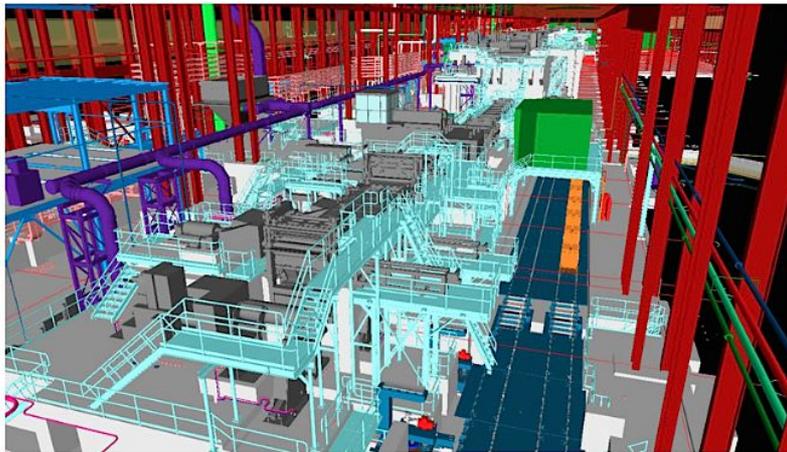
Las nuevas tecnologías digitales brindan la capacidad de presentar y representar toda la información contenida en las bases de datos de los modelos informáticos de los edificios. Permiten hacerlo de múltiples maneras, confiriéndoles un carácter más dinámico, en franco contraste con las estáticas y fragmentadas representaciones precedentes. Con estas imágenes se puede interactuar y capturar información al final del proceso y validar o no las alternativas a adoptar. Asimismo, se puede retomar el planteamiento inicial, incorporar la nueva evidencia, proponer ajustes o anexar alternativas donde sea necesario, en un directo beneficio para el proceso de diseño. La imagen IMG\_04-07, permite

---

<sup>102</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 45.

apreciar que el gráfico resultante no solo es una representación aislada, sino que permite visualizar los múltiples sistemas que convergen y son necesarios de considerar para el desarrollo de proyectos de arquitectura. También se debe destacar que es posible manipular cada una de las contribuciones mediante la incorporación de datos subjetivos basados en la intuición. Estas incorporaciones, por su parte, se verán restringidas por filtros generados con un entramado de relaciones basadas en información procesada, otorgando consistencia al proceso.

### **Diseño, proyecto y simulación de edificios usando Autodesk Revit**



Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit

IMG\_04-07

### **EVOLUCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA COMUNICACIÓN EN LOS PROCESOS DE DISEÑO. EL CASO DE BIM.**

En capítulos previos ya se ha hecho referencia al concepto de *Building Information Modeling* (BIM), el que puede ser definido como “una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio. BIM es un recurso de conocimiento compartido con información sobre un edificio, constituyendo una base confiable para la toma de decisiones durante su vida útil”<sup>103</sup>. BIM es una metodología para el desarrollo de proyectos basado en el concepto de almacenamiento dinámico de la información. Los usuarios de estas bases de datos pueden proponer múltiples combinaciones conforme sean sus objetivos específicos. El resultado de estos vínculos serán nuevos datos de alta confiabilidad que pueden usarse y reutilizarse, proponiendo otras variantes hasta saturar las

<sup>103</sup> Cf. National Building Information Model Standard Project Committee. Disponible en: [www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1](http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1) Última visita 01/03/2014.

interpretaciones y obtener como resultado la evidencia suficiente como para constituir un fundamento sólido.

El primer ejemplo documentado de este desarrollo fue publicado en septiembre de 1974 en el *Journal of the American Institute of Architects*, en el que fue descrito como un prototipo de trabajo *Building System Description (BDS)*<sup>104</sup>. Se trataba de un sistema compuesto por una base de datos capaz de describir los edificios, con un alto grado de definición en los detalles para los desarrollos de diseño, proyecto, construcción y control del funcionamiento del edificio. Una de sus principales características era coordinar dinámicamente la estructura de los datos para mantenerlos accesibles, garantizando la flexibilidad de la información<sup>105</sup>. Es posible afirmar que este sistema comparte rasgos comunes con *BOP*, *SARAPI* y *SDMS*, desarrollos de *SOM* nombrados anteriormente, en lo que refiere a la estructuración y la administración de la información disponible sobre el proyecto.

El debut de BIM en la práctica arquitectónica en países desarrollados se dio en la década de 1980, particularmente para el desarrollo de la Terminal 5 del Aeropuerto *Heathrow* en Inglaterra (1986), coincidentemente con la digitalización de algunas de las herramientas para la construcción de elementos de arquitectura a través de la llamada parametrización e industrialización de sus piezas. Este caso resulta significativo ya que el equipo de trabajo trabajó en un único archivo BIM para el diseño y construcción del conjunto edilicio. Tras su terminación se estimó un ahorro del 10% en los costos gracias a la optimización facilitada por el uso de estas herramientas<sup>106</sup>.

Este proceso continuó en la década de 1990 como *Object-Based Parametric Modeling*, el que permitía trabajar con objetos que no tenían geometrías definidas, confiriéndole flexibilidad y adaptabilidad al sistema para trabajar en entornos más variables. La flexibilidad que adquirieron los objetos con la parametrización de sus componentes de base permitió su uso en la construcción de geométricas complejas. Si bien esas formas ya existían en algunos proyectos previos, su incorporación a los procesos constructivos no fue sencilla, y sus costos ponían en riesgo el desarrollo del mismo.

---

<sup>104</sup> Eastman, C. et al. "An Outline of the Building Description System". Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Institute Of Physical Planning, 1974. Disponible en: [www.eric.ed.gov/PDFS/ED113833.pdf](http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED113833.pdf) Última visita 01/03/2014.

<sup>105</sup> Idem.

<sup>106</sup> Smith, D.; Tardif, M. *BIM and building properties*. New York, John Wiley, 2009.

Otro hito en el desarrollo de BIM fue la fundación del *Center for Integrated Facility Engineering* (CIFE) de *Stanford* en 1988, dirigido por el ingeniero Paul Teicholz. Este centro de investigación creó una fuente de estudiantes de posgrado y pudo establecer un circuito de colaboración entre instituciones académicas y la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Sus integrantes promovieron el desarrollo de modelos de construcción 4D, incorporando la variable tiempo para simular los plazos destinados a la construcción, marcando un hito importante para el futuro desarrollo de estos sistemas.

La capacidad de los sistemas BIM de ser repositorios de información unificada y centralizada fue la clave principal para estructurar las implementaciones. La concentración de información permite relacionar las múltiples dimensiones que operan en el desarrollo de proyectos de arquitectura, manteniendo equilibrados los aportes individuales con el fin de reducir la información no verificada. De esta manera BIM se ha establecido como una alternativa válida para hacer frente a los múltiples problemas y dimensiones detectados, en distintos informes, sobre la práctica profesional contemporánea, como se puede ver en la imagen IMG\_04-08.



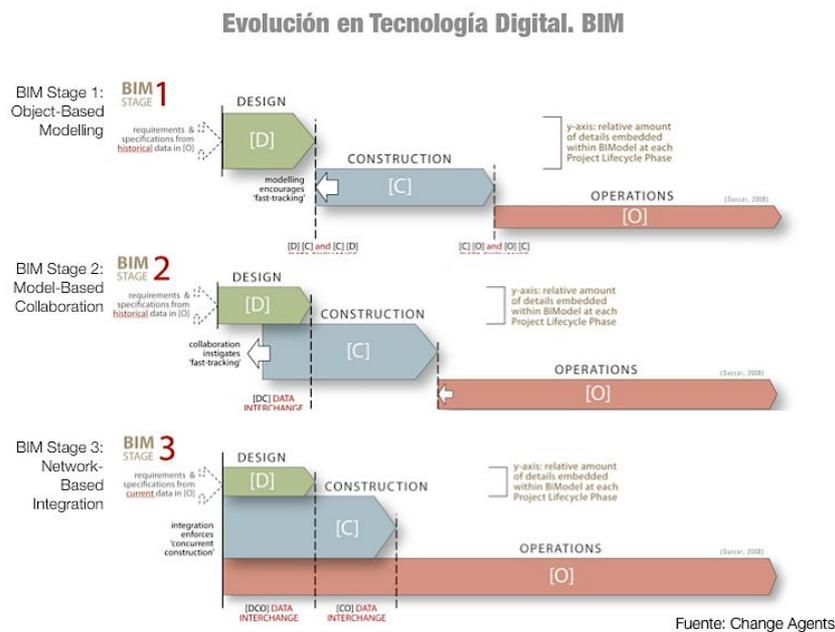
Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_04-08

*...“Information technologies have transformed many aspects of our daily lives and revolutionized industries in both the manufacturing and service sectors. Within the construction industry, the changes have so far been less radical. However, the use of information technologies offers the potential for revolutionary change in the effectiveness with which construction-related activities are executed and the value they add to construction industry*

stakeholders. Recent exponential growth in computer, network, and wireless capabilities, coupled with more powerful software applications, has made it possible to apply information technologies in all phases of the building/facility life cycle, creating the potential for streamlining historically fragmented operations”<sup>107</sup>.

Debido al éxito alcanzado por estos desarrollos, el *Report for Integrated Practice* de 2005 trató el tema detenidamente y expuso las características más sobresalientes de estos instrumentos. Asimismo, el informe estructuraba un compendio de informes que generalizaban el conocimiento de estas innovaciones, describiendo que se trataba de una nueva manera de entender, observar y criticar la arquitectura. “A diferencia de las innovaciones tecnológicas en materiales de construcción, sistemas de comunicación o diseño asistido (CAD) del pasado, los nuevos métodos y herramientas tienen el potencial de transformar el proceso de diseño en sí mismo”<sup>108</sup>.



IMG\_04-09

La imagen IMG\_04-09 permite analizar el potencial que reside en la implementación de sistemas BIM, el que está dado por la posibilidad de incorporar en etapas tempranas el diseño aspectos hasta ahora considerados secundarios a la arquitectura o relegados para etapas posteriores, como por

<sup>107</sup> Chapman, R. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. Washington, U.S. Department of Commerce Technology Administration. National Institute of Standards and Technology. Advanced Technology Program Information Technology and Electronics Office, 2004, p. 210.

<sup>108</sup> Bedrick, J.; Rinella, T. *Technology, process, improvement, and culture change. Report on integrated Practice*. San Francisco, American Institute of Architects, 2005, s/p.

ejemplo la factibilidad constructiva, el correcto funcionamiento y el fácil mantenimiento del edificio, entre otros.

Diferentes autores coinciden en señalar que la práctica de la arquitectura enfrenta una nueva era:

*... "Sweeping changes mandated by clients, motivated by increasingly complex needs, and supported by evolving technologies are poised to revolutionize every aspect of the building industry. Many firms are now demonstrating that Virtual Design and Construction (VDC) processes using BIM (Building Information Model or Modeling) technologies, when properly implemented, can expand design capabilities, reduce waste, and bring genuine value to the design and realization of the built environment"*<sup>109</sup>.

*... "To achieve the most benefit from new technology, it is necessary to understand what the technology will allow one to do, and to develop processes that leverage new capabilities. It is often also necessary for industry or professional culture to adapt in order to facilitate the improved processes. Building information modeling (BIM) technology is not simply a new drafting tool; it is a means of simulating a building, its performance, and its construction"*<sup>110</sup>.

Continuando con los informes que pusieron al descubierto ciertas anomalías en el desarrollo de proyectos que derivaban en costos imprevistos de los procesos constructivos, en 2007 el National Institute of Building Science se encargó de destacar su incidencia, no sólo económica, sino también medioambiental.

*... "The construction industry is in the middle of a growing crisis worldwide. With 40% of the world's raw materials being consumed by buildings, the industry is a key player in global economics and politics. And, since facilities consume 40% of the world's energy and 65.2% of total U.S. electrical consumption, the construction industry is a key player in energy conservation, too! With facilities contributing 40% of the carbon emissions to the atmosphere and 20% of material waste to landfills, the industry is a key player in the environmental equation. Clearly, the construction industry has a responsibility to use the earth's resources as efficiently as possible"*<sup>111</sup>.

En palabras del National Building Information Modeling Standards "...una premisa básica de BIM es la colaboración de los diferentes actores en las diferentes fases del ciclo de vida de un edificio para incorporar, extraer, actualizar o modificar la información, así apoyar y reflejar los roles de las partes interesadas"<sup>112</sup>. El tratamiento del modelo BIM como un prototipo donde pueden ser simulados los criterios de rendimiento para el análisis de los edificios proyectados se presenta como un cambio de

---

<sup>109</sup> Idem.

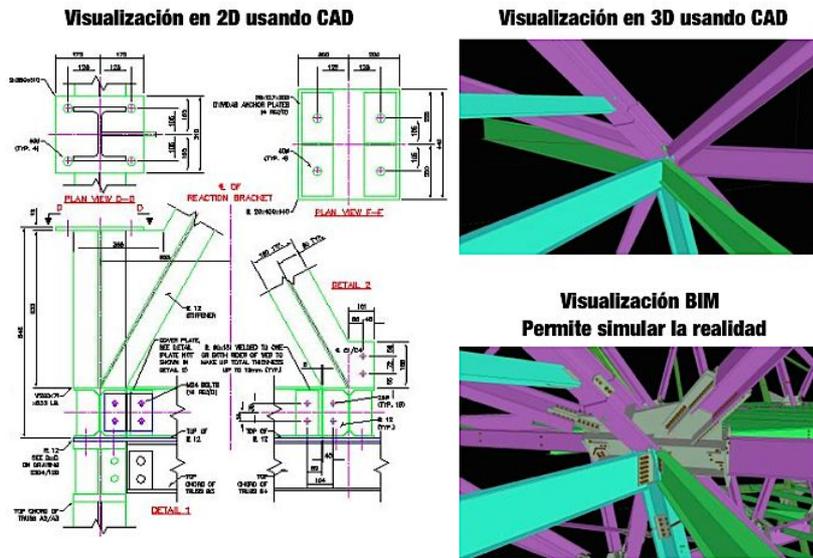
<sup>110</sup> Broshar, M. *Technology, process improvement, and culture change*. Waterloo, AIA Board Knowledge Committee Chair, In\Vision Architecture, 2005.

<sup>111</sup> National Institute of Building Science. *National Building Information Modeling Standards. Version 1, Part 1: Overview, principles and methodologies. Transforming the building supply chain through open and interoperable information exchanges*. National Building Standards. 2007, p. 1. Disponible en: [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf) Última visita 01/03/2014.

<sup>112</sup> Idem, p. 21.

rumbo para el desarrollo de proyectos. La imagen IMG\_04-10 permite reconocer los beneficios que brindan los sistemas BIM en lo que refiere a la visualización de conflictos, en comparación con las metodologías que reproducen abstracciones geométricas bidimensionales mediante el uso de CAD.

### Diferencias entre las Abstracciones Geométricas Bidimensionales (CAD) y BIM



Fuente: Introduction to BIM: People, Processes and Tools. Alan Edgar, Assoc. AIA OSCRE Workgroup Program Manager Chair, National BIM Standard Committee December 11, 2007

IMG\_04-10

Al respecto, Mario Carpo sugiere atender al intercambio de información posibilitado por BIM para descubrir el real potencial de las innovaciones que están siendo discutidas e implementadas:

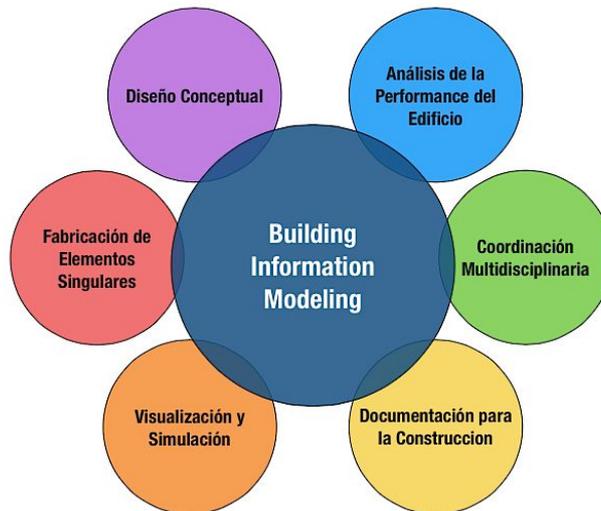
*... "Recent developments in Building Information Modeling (BIM) emphasize the participatory potential of a technology that was originally devised to manage sets of databases during the design and construction of building components. Conceivably, three-dimensional BIM platforms may soon be used to create and maintain digital models of even complex buildings through-out their life cycle—from conception, design, and construction to operation, maintenance, and disposal"<sup>113</sup>.*

BIM alcanza un gran impacto porque incide sobre cada parte involucrada, en tanto responsabilidades, y también sobre cómo éstas se compensan en la búsqueda por minimizar los desequilibrios. Las imágenes IMG\_04-11, IMG\_04-12 e IMG\_04-13, muestran los vínculos entre BIM y los diferentes sectores que participan en el desarrollo de proyectos: la arquitectura, la construcción y los beneficios para los clientes. Estos vínculos demuestran el mencionado potencial de cambio

<sup>113</sup> Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Op. cit., p. 115.

sobre las tradicionales metodologías de diseño, transformándolo en un sistema colectivo de participantes, donde los aportes singulares de las especialidades que se relacionan en múltiples dimensiones se nivelan recíprocamente en búsqueda de mayor solidez para la toma de decisiones.

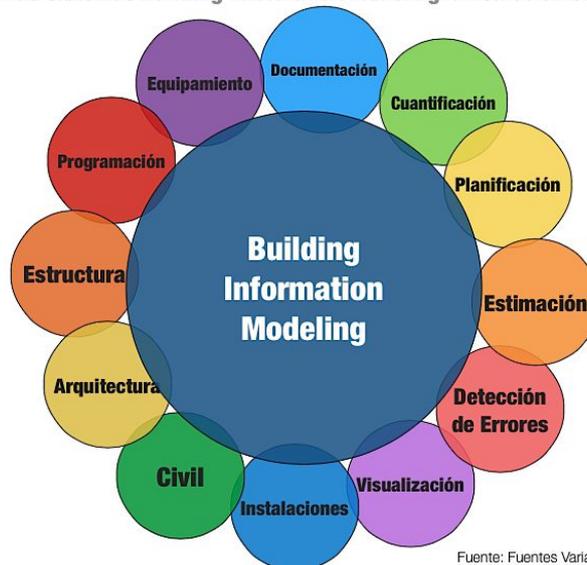
#### Adopción de Sistemas Building Information Modeling. Vínculos en Arquitectura



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_04-11

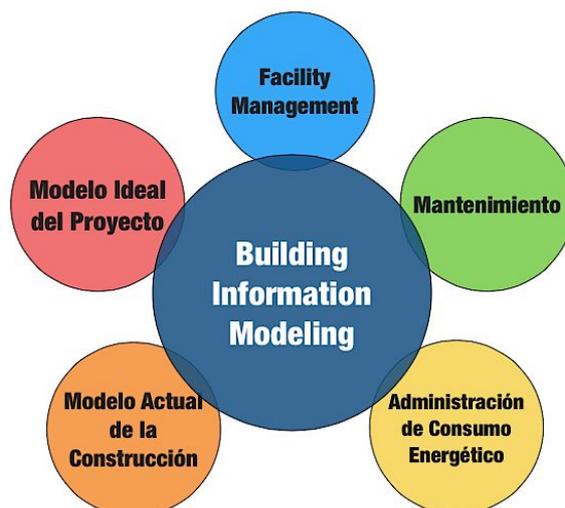
#### Adopción de Sistemas Building Information Modeling. Vínculos en Construcción



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_04-12

## Adopción de Sistemas Building Information Modeling. Beneficios para los Clientes



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_04-13

Una de las áreas donde BIM plantea la mayor innovación es el dominio tradicional de la práctica, como por ejemplo el diseño conceptual y el programa funcional de necesidades. Estos aspectos, otrora desarrollos lineales, con el uso de BIM se transforman en relaciones cruzadas de manera simultánea, que le brindan al proyectista un mayor volumen de información. Otra de las áreas que ha sido modificada está relacionada con los procesos de fabricación y construcción, desde la ingeniería del detalle, la colocación de los elementos en la obra, a los procedimientos de control necesarios. También incide en un sector mínimamente explorado, que es el desarrollo de las instalaciones y el posterior funcionamiento del edificio, conocido como *Facility Management*. Como permite visualizar la imagen IMG\_04-14, el modelo digital puede mantenerse actualizado con información verificada proveniente de la construcción, para contribuir a su correcto mantenimiento y así lograr un funcionamiento óptimo durante su vida útil. El modelo resultante de la combinación de lo proyectado y lo construido posee la capacidad de mostrar la información en múltiples dimensiones, ofreciendo a los profesionales de la arquitectura nuevas áreas para la innovación, extendiendo su oferta de servicios.

*... "BIM is beginning to change the way buildings look, the way they function, and the ways in which they are built. Perhaps most important is that BIM creates significant opportunity for society at large to achieve more sustainable building construction processes and higher performance facilities with fewer resources and lower risk than can be achieved using traditional practices"*<sup>114</sup>.

<sup>114</sup> Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K.. *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New York, John Wiley & Sons, 2011, preface.

### Análisis de las condiciones de acústica y acondicionamiento para un óptimo mantenimiento del edificio proyectado



**Diller, Scofidio + Renfro with Ghery Technologies. Lincoln Center, Alice Tully Hall, New York. 2009**

Fuente: Closing the Gap. Information Models in Contemporary Design Practice. Architectural Design. 2009

IMG\_04-14

Tras 30 años de su génesis, BIM ha revolucionado los conceptos y métodos utilizados para proyectos de arquitectura, y se puede considerar como un cambio de paradigma en la relación entre arquitecto y constructor, si bien en algunas regiones como Argentina su uso es aún incipiente<sup>115</sup>.

BIM plantea un desplazamiento respecto de los sistemas CAD conocidos hasta el momento, ya que se considera que trabaja en siete diferentes dimensiones: 1° el Dibujo, 2° la Documentación, 3° la dimensión del Espacio, 4° el Tiempo, 5° la estimación del Costo, 6° el *Facility Management* y 7° los aspectos legales, contractuales y estándares medioambientales. Esto ha transformado a los sistemas BIM como el eslabón más avanzado en la evolución de las comunicaciones en los desarrollos de diseño, logrando satisfacer el creciente número de demandas culturales que la arquitectura enfrenta en la actualidad. El uso de BIM requiere un cambio en la concepción de la disciplina para el que es necesario tener plenamente en cuenta las posibles restricciones creativas que puede causar en la fase de diseño convencional, reconociendo a su vez que existe a futuro un potencial de compensación dado por el énfasis en los procesos integrados y colaborativos.

---

<sup>115</sup> Mauer, M. "Del CAD al BIM: potencial y desafíos para el mercado argentino". En: *Revista Digital ARQA*, publicado 6 de julio de 2011. Disponible en: <http://arqa.com/empresas/noticias/del-cad-al-bim-potencial-y-desafios-para-el-mercado-argentino.html>. Última visita: 01/03/2014.

Por lo expresado, el uso de la tecnología debe ser considerado como una decisión estratégica y no como una decisión operativa. Esta decisión implica una readaptación profesional, la que requiere no sólo del aprendizaje necesario para operar en el nuevo escenario disciplinar, sino también la sincera revisión de viejos hábitos. En un sentido fenomenológico el diseño que involucra instrumentos de tecnología digital no debería ser considerado extremadamente diferente, ya que se trata de una exploración y combinación de tradiciones y de innovaciones.

*...“Not long ago, in the nineties, no one doubted that a “digital revolution” was in the making—in architecture as in all aspects of life, science, and art. Today -early 2010- the very expression “digital revolution” has fallen into disuse, if not into disrepute; it sounds passé and archaic, at best the reminder of an age gone by. Yet digital technologies, now ubiquitous, have already significantly changed the way architecture is designed and made. They are changing how architecture is taught in schools, practiced, managed, even regulated”<sup>116</sup>.*

Esencialmente, con la implementación de metodologías BIM se pasó de las tradicionales metodologías basadas en la generación de abstracciones geométricas bidimensionales a la creación de modelos digitales multidimensionales como instrumentos de simulación de las propiedades funcionales, físicas y materiales de los edificios. El escenario descrito se presenta como más que propicio para encontrar los elementos necesarios hacia una redefinición de los roles del arquitecto en la práctica de la arquitectura contemporánea.

## **REACCIONES DE LA DISCIPLINA**

Ante este escenario los sectores vinculados con la construcción, principalmente los usuarios privados nucleados en la *Construction Users Roundtable (CURT)*<sup>117</sup>, reclamaron una profunda reconsideración de las metodologías, de las herramientas y de los procesos de desarrollo y construcción de proyectos que estaban siendo utilizados, los que habían demostrado claramente ser ineficientes y constituir fuentes de pérdidas de tiempo y dinero. La presión sobre el mundo de la práctica profesional de la arquitectura no se hizo esperar. En este contexto se propuso replantear la adhesión a los sistemas CAD en arquitectura, reconociendo sus grandes limitaciones para el desarrollo de trabajos colaborativos y proyectos multidisciplinarios.

---

<sup>116</sup> Carpo, M. *The Alphabet and the Algorithm*. Op. cit., p. 123.

<sup>117</sup> El propósito principal de CURT © es crear ventaja competitiva para los propietarios de edificios, haciendo que el sector sea más seguro, que se promueva la eficacia y la productividad global, y asimismo mejorar la forma en que se planifica la construcción. Cf. [www.curt.org](http://www.curt.org)

A diferencia de lo acontecido en otras disciplinas, como por ejemplo la ingeniería o el diseño automotriz, los sistemas CAD en arquitectura fueron utilizados mayormente como herramientas de representación y especulación formal, pero sin modificar la ya referida separación entre diseño y construcción establecida en el Renacimiento. Los problemas emanados por el uso inadecuado de información en el desarrollo de proyectos se mantuvieron inalterados después de casi 500 años. Más aún, estos inconvenientes se vieron potenciados en las últimas décadas, constituyendo uno de los problemas que más atención atrajo de los sectores vinculados a la industria de la construcción. En este caso particular, como lo que estaba siendo cuestionado era la utilización de determinadas herramientas de tecnología digital, las empresas desarrolladoras de estas aplicaciones reaccionaron haciendo una profunda revisión de los productos disponibles en el mercado. Ejemplo de esto fue la compra de *Revit*<sup>118</sup> por parte de *Autodesk* en 2002.

Para algunos arquitectos representativos del campo profesional lo que estaba sucediendo constituía una amenaza para la continuidad de la arquitectura como disciplina. En el congreso del *American Institute of Architects* de 2005 denominado “*Change is Now*” un número significativo de ellos sugirieron atender los informes y reportes que hablaban del inestable presente de la arquitectura, concentrándose en los reales motivos que podrían sentenciar su desaparición. En este sentido Thomas Mayne, cofundador del estudio de arquitectura Morphosis, expresaba:

*...“Survival. If you want to survive, you’re going to have to change. If you don’t change, you’re going to perish. Simple as that. It’s such a basic thing. You will not practice architecture if you’re not up to speed with this. You will absolutely not practice architecture in ten years. I have no doubt about it, no question. It’s changing very rapidly”*<sup>119</sup>.

Una de las cuestiones más importantes de BIM es que ha puesto en discusión el concepto de autonomía disciplinar, relativizando la idea del autor único. A partir del reconocimiento de que el contexto actual de la práctica profesional de la arquitectura, se encuentra definido por relaciones transdisciplinarias, es que se plantea como necesaria una revisión de las metodologías, herramientas e instrumentos para la comunicación de estas intenciones. Esto debe transformarse en un tema primario de discusión en todos los ámbitos relacionados a la práctica profesional de la arquitectura,

---

<sup>118</sup> Autodesk® Revit® software ha sido desarrollado específicamente como instrumento de Building Information Modeling (BIM). Constituye una única aplicación que incluye prestaciones para arquitectura, ingeniería y estructura, entre otros campos relacionados con la construcción.

<sup>119</sup> Mayne, T. “Change or Perish. Remarks on building information modeling”. En: *American Institute of Architects Annual Convention*, Las Vegas, 2005.

desde la enseñanza, los colegios profesionales, hasta las oficinas de gobierno para contribuir a entender los desafíos de la práctica profesional contemporánea.

**CAPITULO 05**  
**ARQUITECTURA Y PRÁCTICA PROFESIONAL**

## **RELACIÓN DEL ARQUITECTO CONTEMPORÁNEO CON LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS**

La arquitectura forma parte de una industria cuyo ámbito de operaciones es cada vez más amplio. Solo es necesario atender cómo estudios de arquitectura consagrados ganan concursos en diferentes partes del mundo y ponen su firma en lugares inesperados. Al mismo tiempo, este movimiento de ideas y recursos económicos impulsa a grandes empresas constructoras de Suecia, Japón, USA o Australia, entre tantas otras, para ofrecer sus servicios. Las oficinas de arquitectura e ingeniería puján por encargos por fuera de sus países de origen, para abastecer su extensa red operativa, en algunos casos como paliativo de los vaivenes del mercado financiero local. Para estudios u oficinas de menor envergadura la situación no es muy diferente; los estudios grandes deben asociarse con estudios locales -de menor tamaño- para cumplimentar con los reglamentos de asociación y pertenencia a colegios profesionales. Como ha sido mencionado anteriormente, el uso de materiales no reconoce fronteras; por eso, más allá del tradicional movimiento de materia prima, muchos mercados ahora tienen que hacer frente a redes de distribución internacionalizadas, ya que constituyen una fuente insuperable de empleo y progreso para la región donde están operando. Como resultado de esta globalización la profesión de la arquitectura enfrenta una vez más un nuevo reto, particularmente en Santa Fe: la necesidad de entender y luego incorporar en trabajos locales prácticas más integradas y colaborativas, en lugar de continuar un ejercicio de resistencia al progreso atrincherados en el aislamiento y la autonomía disciplinar.

En la actualidad, la necesidad de incorporar prácticas integradas y colaborativas se extiende mucho más allá de los límites de una localidad, empresa o equipo de proyecto. Varias iniciativas internacionales han pasado de la identificación del problema a la implementación directa a través de la investigación aplicada en *Information Architecture*, *Knowledge Management* y *Information Visualization*, consiguiendo un éxito relativamente inmediato. Lamentablemente, la dicotomía arte o técnica que ha densificado los debates disciplinares ya no solo la transforma en una práctica indisciplinada, sino que también la inhibe de aprovechar los potenciales beneficios de la digitalización cultural existente, perdiendo cada vez más lugar en el escenario productivo y cultural. Esto es relevante de considerar particularmente cuando se intenta entender posiciones que nos hablan de la pérdida de potencia en la arquitectura por su limitada capacidad de solucionar problemas sociales, o su fracaso en el campo de la innovación técnica. Para poder aproximarse al

entendimiento de estos planteos, no se debería ignorar que el ejercicio de la arquitectura depende de una gran variedad de talentos y no de una singular concepción de habilidades, y que, al mismo tiempo, se encuentra acorralado entre una dinámica del diseño “oscura” -tácita- y un ineludible transcurrir “transparente” -explícito- de la construcción. De esto se deduce la necesidad de definir esta convergencia a través de un trabajo sistemáticamente clínico, mediante la relación entre la intuición -como conocimiento tácito- y la evidencia -como conocimiento explícito-.

A manera de ejemplo, es posible citar la producción arquitectónica de los años noventa, que se prolonga hasta el concurso de propuestas para el Ground Zero en New York, por reconocer que en este período acontecen una gran cantidad de hechos de singular relevancia. Para ello es necesario trazar un esquema de apreciaciones, a modo de ADN, para que se transforme en el *background* desde donde la relación propuesta tendrá su punto de encuentro. Los noventa presenciaron el Túnel en el canal de la Mancha, Bilbao y su Museo Guggenheim, la guerra civil en la ex Yugoslavia y el atentado contra el World Trade Center de New York. Este último expuso la necesidad de saber más acerca de cómo los edificios son proyectados y construidos. Sobre todo, interesa reconocer cómo los análisis que se implementaron para entender los planteos mencionados, marcaron fuertemente el futuro de la práctica profesional de la arquitectura, y, por extensión, la formación de sus recursos humanos. Asimismo, hubo fracasos rotundos de las emblemáticas arquitecturas capitalistas, y una vuelta a las geometrías básicas como supuesto bálsamo a la volatilidad formal reinante, pero que no pudieron responder la mayoría los emergentes planteos de la disciplina<sup>120</sup>. Como evento destacado, también hay que recordar el derrumbe del polideportivo que estaba siendo construido en Huesca, España, que mostró -para quien no quería ver- que arquitectura no es solo la representación de la forma, que no es independiente de leyes físicas. Por el contrario, es necesaria una reacción que permita resolver los conflictos, abandonando la pretendida autonomía y minimizando la brecha entre “qué” se quiere hacer y “cómo” hacerlo. “*En este fin de siglo, la belleza es convulsa y el artista culpable*”<sup>121</sup>.

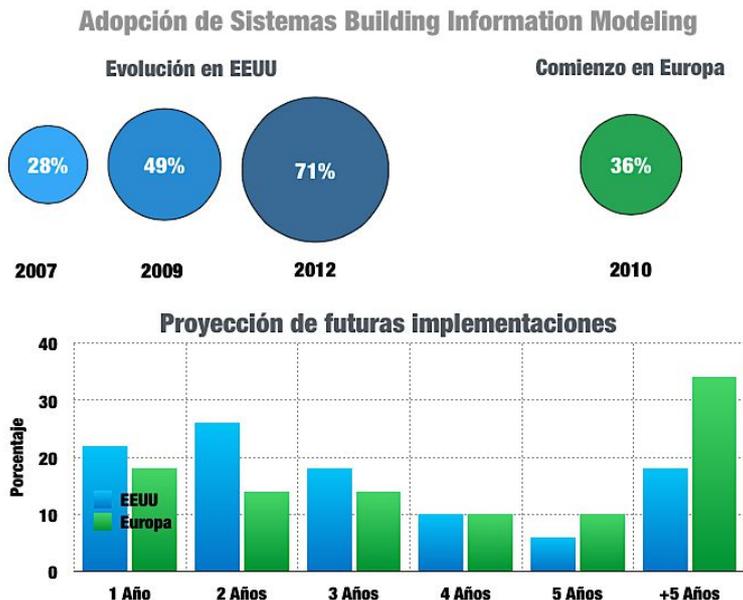
---

<sup>120</sup> Silveti, J. “Las musas no se divierten. Pandemonium en la casa de la arquitectura”. Op. cit.

<sup>121</sup> Al margen de que los peritajes técnicos diluciden las responsabilidades materiales y jurídicas, la gran tragedia de Miralles fue que la naturaleza inestable de su estética constructora lo hizo responsable poético y artístico. Fernandez Galiano, L. “La belleza convulsa. Huesca, deconstrucción y catástrofe”. En: *Arquitectura Viva*, nº 69, noviembre - diciembre 1999. Edición dedicada a “La década Digital, una crónica de los noventa”.

El sutil cambio que desde el año 2000 ha irrigado el discurso arquitectónico identifica que el fracaso de las banalidades formales y las cajas pseudo puras tiene que ver con la falta de conocimiento y la utilización de herramientas inadecuadas y no con una postura filosófica errónea. Diferentes reportes indican que el 50% de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción en los países más desarrollados están utilizando innovaciones en tecnología digital como instrumentos para la administración de información, mientras que el 20% de los que aún no lo están haciendo piensan implementar dichas innovaciones en un plazo no superior a dos años. En EEUU, por ejemplo, el uso de estos instrumentos experimentó un crecimiento del 75% entre 2007 y 2009, como se puede ver en la imagen IMG\_05-01. En Inglaterra el uso de sistemas BIM fue establecido como obligatorio por el gobierno en 2011 a través del “*Government Construction Strategy*”, con la intención de tener los sectores participantes preparados y operando normalmente para 2016.

...”The Cabinet Office will coordinate Government’s drive to the development of standards enabling all members of the supply chain to work collaboratively through Building Information Modeling (BIM). Government will require fully collaborative 3D BIM (with all project and asset information, documentation and data being electronic) as a minimum by 2016”<sup>122</sup>.



Fuente: The Business value of BIM in Europe. Getting Building Information Modeling to the Bottom Line in the United Kingdom, France and Germany. Smart Market Report. 2010. Gráfico del autor

IMG\_05-01

<sup>122</sup> Cabinet Office. *Government construction strategy*. United Kingdom, 2011, p. 13-14. Disponible en: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61152/Government-Construction-Strategy\\_0.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf) Última visita 01/03/2014.

Sin embargo, en países menos desarrollados, la mayoría de estas innovaciones son mínimamente exploradas, y, al mismo tiempo, negadas por algunos profesionales y académicos por igual<sup>123</sup>. En algunos casos la negativa parte de una convicción errónea por parte de los arquitectos de que la productividad en el desarrollo de proyectos se vería perjudicada por la implementación de protocolos, o porque la producción sistemática de información sería dificultosa y atentaría contra la libertad creativa de los autores. Por otro lado, y quizás el punto más relevante es que la autonomista concepción de la arquitectura minimiza la importancia de los potenciales beneficios que propone la implementación de estos instrumentos por fuera del mundo de lo simbólico, casi sin verificar si los que están siendo utilizados son correctos o eficientes. Aún así, y reconociendo los temores que los cambios plantean a los procesos acostumbrados, los países más desarrollados y los menos desarrollados comparten similares exigencias, conforme demandas globales. El énfasis en la atención sobre estos procesos de producción ha cambiado la naturaleza de nuestros horizontes arquitectónicos, tanto en la teoría como en la práctica<sup>124</sup>.

#### **INNOVACIONES DE LA PRÁCTICA ARQUITECTÓNICA. OPTIMIZACIÓN, EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD.**

Tal como ha sido profundizado en los capítulos anteriores, la integración entre la práctica profesional y los desarrollos tecnológicos ha sido un tema de constante debate en la arquitectura. Si bien resulta evidente que algunos diseños pueden ser reconocidos como más integrados que otros, la práctica integrada para el desarrollo de proyectos de arquitectura aprovecha la contribución inicial de conocimientos a través de la utilización de innovaciones como tecnología de la información y las organizaciones, tecnología de los materiales y tecnología digital. Esto permite a los arquitectos aprovechar mejor sus conocimientos, ya no sólo como diseñadores, sino como colaboradores y administradores.

Las mencionadas metodologías innovadoras para el desarrollo de proyectos aprovechan las capacidades intelectuales y manuales de los arquitectos en su mayor nivel operativo cuando utilizan los protocolos e instrumentos adecuados. Actualmente, mediante el uso de BIM y otros instrumentos

---

<sup>123</sup> Graham, R. "Architectural Practice and Education in South Africa: From Local Transformation to Global Participation". En: *Journal of architectural education*, vol. 58, issue 3, 2005. Saugo, A. "Autocad e Revit architecture no ensino do desenho arquitetónico". En: XXI Simposio *GRAPHICA*, Florianópolis, 2013.

<sup>124</sup> Bernstein, P.; Deamer, P. *Building (in) the Future. Recasting Labor in Architecture*. Op. cit.

de integración de datos e imágenes, como *Geographic Information System (GIS)*, es posible obtener beneficios directos por su potencial de filtrar y eliminar información irrelevante, minimizando la utilización de creencias personales. Phillip Bernstein hace expresa referencia a esta necesaria integración:

*"We had to go through a period of optimizing each of the pieces for their own usefulness, and now we're starting to look at the relationship between BIM and GIS, and how to link our geospatial tools with our building modeling tools. We need to look comprehensively at the sustainability of a project, instead of the sustainable characteristics of a data set for example. This is what our contributors talked about as being the problem. The nature of the work process in a project changes by the very nature of this digital technology. Traditional barriers between processes are eliminated"*<sup>125</sup>.

Este cambio constituye la cuestión central en el proceso hacia una práctica integrada y colaborativa. Las metodologías más tradicionales y no integradas para el desarrollo de proyectos operan en un escenario de gran incertidumbre, numerosas variables –como la verdadera incidencia del asoleamiento conforme las orientaciones que se proponen, o de los procesos inflacionarios en el análisis de costos de la obra en relación a la planificación y las proporciones adoptadas- no pueden ser relacionadas para verificar su verdadera magnitud. En un enfoque integrado esta relación de personas, funciones y objetivos establece nuevas responsabilidades y sus alcances permiten medir, y analizar los resultados de cada incorporación.

Al carecer de instrumentos para analizar las mediciones, los arquitectos erróneamente las eliminan de los proyectos, cuando deberían ser incorporadas como una de las principales alternativas para satisfacer las demandas actuales. En reemplazo, algunos incorporan supuestos contruidos por interpretaciones de los fenómenos y no por la evidencia de conjugar datos concretos. Otros son administrados a través de métodos obsoletos, que a menudo conducen a un exceso inapropiado de diseño porque incorporan cambios sobre cambios sin ofrecer evidencia de los efectos que podrían ocasionar estas adiciones. En este sentido, la falta de aplicación de estrategias de *Knowledge Management* para controlar la incorporación de variables de diseño y medir sus potenciales efectos conduce al desarrollo de soluciones riesgosas, que tienen grandes posibilidades de fallar; por ejemplo, en lo que respecta a la estimación económica, la previsión de tiempos o la *performance* energética. El mayor inconveniente que esta tesis trata de poner en discusión es el de suponer que

---

<sup>125</sup> Bernstein, P. *Autodesk Charts a Path to Enable More Integrated and Sustainable Projects. Sensors & Systems - Autodesk Charts a Path to Enable More Integrated and Sustainable Projects*. 2010, gentileza del autor.

todas las variables de diseño son válidas, a pesar de que muy pocas de ellas han sido sometidas a un cruce de referencias que permita incorporarlas con certeza en los planteos proyectuales. De esta manera, el proyecto es acarreado a una manifestación casi veleidosa del autor, en franco detrimento de la optimización y la eficiencia del proyecto. En esta línea, Phillip Bernstein propone aprovechar las posibilidades disponibles para el desarrollo de proyectos:

*“Design will always be this highly synthetic and intuitive thing that you can’t do entirely algorithmically. You’re not going to be able to get to beauty algorithmically or you’re not going to get insight and see things in a new way algorithmically. What you can do is program a computer to address issues such as the energy efficiency of a building, the number of pounds of steel needed, lighting levels, etc. As a designer, that’s what I want. I want the computer to tell me that the reason the light fixture works is that it spreads a certain amount of light over a certain area. That way I can worry about positioning that in a way that makes it look cool. You’re starting to see both in academia and in our own work, a lot of theory on how design optimization might happen”<sup>126</sup>.*

La disponibilidad de instrumentos de tecnología digital que automatizan los desarrollos en búsqueda de optimización, permite a los diseñadores acercarse al entendimiento del problema con mayor precisión y mejor preparados para proponer soluciones. Para que los diseñadores puedan utilizar al máximo las capacidades de los instrumentos disponibles es necesario procesar cada una de las instancias claves que conforman un problema de diseño, como ser las variables que innegablemente afectan directa e indirectamente la propuesta: la ubicación, la forma, las condiciones climáticas, el presupuesto, el tiempo de ejecución, la calidad buscada, las restricciones reglamentarias, las ordenanzas y las cargas tributarias. Esta estrategia conduce a una casi impostergable redefinición del concepto de diseño, debido a que preguntas del tipo ¿cómo diseñar?, ¿porqué hacerlo de tal manera? o ¿qué acciones hay que llevar adelante para poder construirlo? ya no pueden ser separadas de ¿cómo es el proceso de desarrollo de la idea? Los nuevos instrumentos que es necesario considerar han modificado el tradicional concepto de diseño, incluso más rápido de lo que las instituciones académicas y los colegios profesionales han podido advertir.

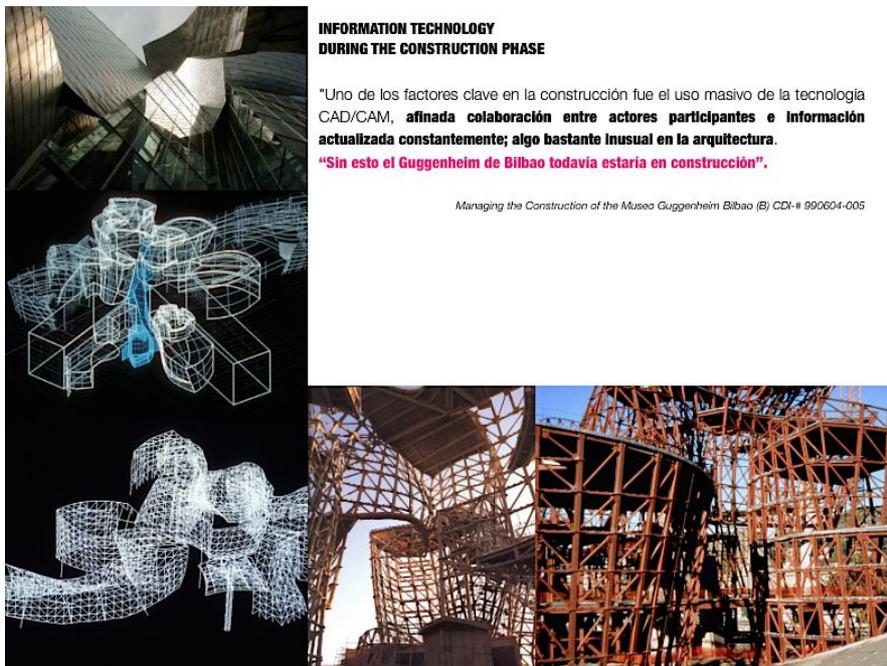
¿Cómo es posible crear procesos que maximicen la eficiencia, minimicen las pérdidas económicas y contribuyan a evitar las tensiones existentes entre actores de una práctica casi totalmente fragmentada? En principio, hay que pensar en una redefinición de los procesos existentes que canalizan estos planteos, y que si bien no son necesariamente tecnológicos pueden encontrar en la tecnología la ayuda necesaria para proponer soluciones. La tecnología, por ejemplo, puede ser

---

<sup>126</sup> Idem.

utilizada no sólo como base de especulación formal, sino para crear modelos de información que sean soporte de los desarrollos de proyectos y los procesos constructivos, que permitan simular la *performance* y el comportamiento del edificio con las condiciones climáticas propias del lugar y otros numerosos aspectos de la realidad. De esta manera es posible minimizar pérdidas, demoras y contratiempos durante la construcción y su posterior vida útil. Este tipo de tecnología ha sido implementada, por ejemplo, para el desarrollo del proyecto del museo *Guggenheim*, en Bilbao, España, de la mano de una herramienta desarrollada por el arquitecto estadounidense Frank Gehry. Este proceso fue documentado en el reporte “*Managing the construction of the Museo Guggenheim Bilbao*”, realizado por el *Center for Design Informatics, Harvard Design School*<sup>127</sup>, donde se concluye que el uso masivo de tecnología tipo *CAD/CAM*, fue clave para poder realizar la obra, cuya complejidad puede observarse sintéticamente en la imagen IMG\_05-02.

...“*One of the key factors in the construction was the massive use of CAD/CAM technology, something fairly unusual in architecture. Without this technology, the Bilbao Guggenheim would still be under construction today. FOG/A used CATIA software by Dassault Systèmes to create a computer model the complicated geometry of the project*”<sup>128</sup>.



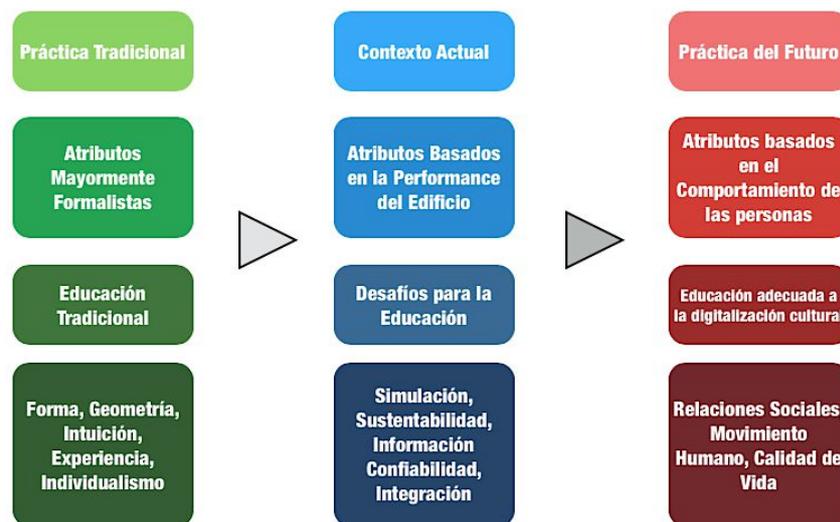
IMG\_05-02

<sup>127</sup> Stein, K. “Project Diary: Frank Gehry’s Dream Project”. En: *Architectural Record*, vol. 185, issue 10, 1997, p. 78.

<sup>128</sup> González-Pulido, F.; Vaggione, P.; Ackley, L. “Managing the Construction of the Museo Guggenheim Bilbao. The Revised Cost Estimate”. Harvard Design School, inédito. Disponible en: [http://www.uniroma2.it/didattica/ACALAB2/deposito/case\\_Guggenheim.pdf](http://www.uniroma2.it/didattica/ACALAB2/deposito/case_Guggenheim.pdf) Última visita 01/03/2014.

De igual manera, es importante aclarar que el planteo de este trabajo de tesis no pretende sugerir que la implementación de innovaciones tecnológicas va a ser totalmente beneficiosa en la búsqueda de optimización y eficiencia si no existen protocolos que faciliten la comunicación y el entendimiento entre todos los actores involucrados al compartir el conocimiento generado por tales tecnologías. La demanda, encabezada por comitentes y operadores de edificios para la incorporación de estos sistemas crece paulatinamente, tanto sean del sector público como del privado. Este constituye uno de los mayores desafíos que debe enfrentar la disciplina, ya que tiene una doble disputa por delante; por un lado, no descuidar sus atributos disciplinares singulares, pero, al mismo tiempo, incorporar las demandas sociales y culturales de la actualidad mediante una discusión sincera y crítica respecto de la posibilidad de supervivencia de su condición de creación individual. Las mejoras en cuanto a la calidad de la información disponible, las herramientas de visualización de datos y las posibilidades de relacionar mediante cruces los análisis de costos y consumos energéticos promueven un proceso optimizado que, por su eficiencia, se acerca a lo sustentable. De esta manera permite al proyectista realizar un gran número de análisis previos a la construcción mediante simulaciones, minimizando la posibilidad de inconvenientes que ocasionen pérdidas evitables durante la construcción.

#### Escenario Tradicional, Actual (en desarrollo) y Futuro



Fuente: Design Informed. Driving Innovation with Evidence-Based Design. Gráfico del autor

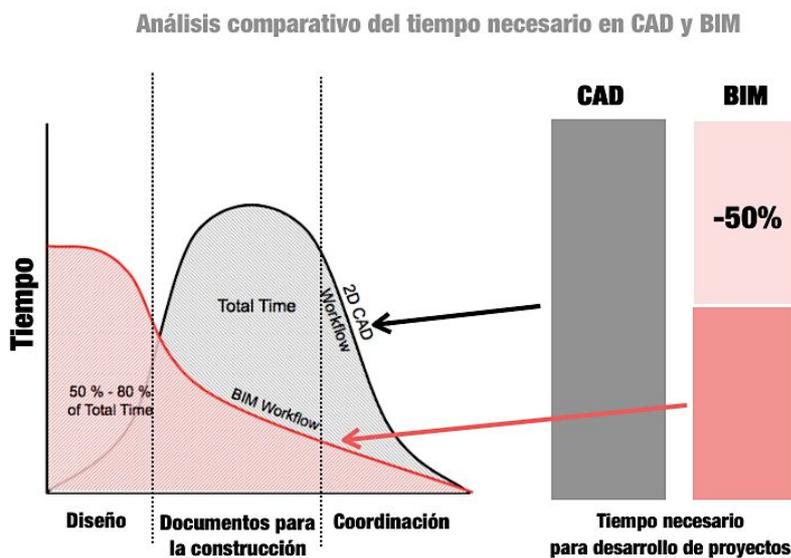
IMG\_05-03

La incorporación de estas exigencias demandaría de análisis más rigurosos al momento de seleccionar formas, materiales y procesos, exigiéndole al arquitecto contemporáneo nuevas

funciones donde es necesario considerar un mayor número de variables, más allá de las funcionales y formales. En la imagen IMG\_05-03 se comparan las singularidades de la práctica profesional de la arquitectura, tanto sea tradicional, actual y futura.

### **INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ARQUITECTURA**

A diferencia de industrias como la manufacturera, la industria de la construcción ha experimentado una disminución gradual de la productividad laboral desde la década de 1960. Las principales causas de esta merma están relacionadas con su naturaleza fragmentada, con su enfoque tradicional en el desarrollo de proyectos, y con el uso tradicional de tecnología digital como herramienta y no como instrumento, cuestión que impiden a la arquitectura trabajar en un escenario de integración y colaboración. También contribuye a la menor productividad la utilización de representaciones basadas en abstracciones geométricas bidimensionales que no promueven un escenario de verdadera cooperación. Por su alto nivel de abstracción, estos dibujos tampoco están integrados en un sistema que permita la administración de información, y suelen generar conflictos de interpretación entre los actores que participan directa e indirectamente, traduciéndose en una mayor ineficiencia del proceso.



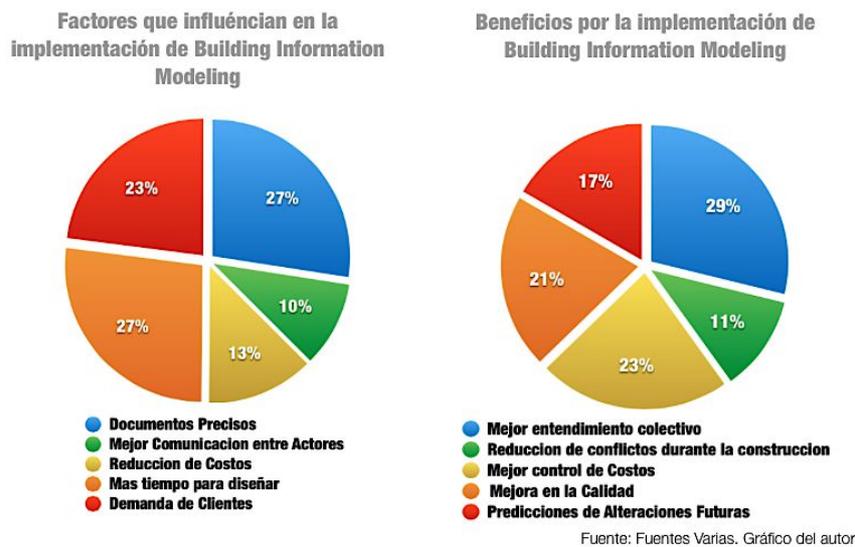
Fuente: Archicad BIM Basics. Open BIM Program. Archicad Interoperability. Why should I switch from CAD to BIM?.  
Graphisoft Archicad.

IMG\_05-04

Como se ve en la imagen IMG\_05-04, al comparar la incidencia del tiempo necesario para llevar adelante las actividades durante las diferentes etapas del desarrollo de proyectos, es posible

reconocer que al utilizar los sistemas BIM el tiempo de desarrollo de la documentación necesaria para el proyecto es más de 50% menor que en sistemas CAD.

En la década de 1990 algunos de los países más desarrollados lograron incorporar innovaciones tecnológicas en la industria de la construcción, llamadas *Object-Oriented Building Product Modeling*<sup>129</sup>, después de haber tenido obstaculizado el acceso a éstas por algunos posicionamientos “tecnofóbicos”. En los últimos 20 años esta industria también tuvo que reconocer los verdaderos beneficios de los avances tecnológicos, en parte presionados por los reportes que mostraban una muy baja productividad, y buscó concentrarse en actividades de mayor integración y colaboración. Aquellos que reconocieron la necesidad de cambios concluyeron que el desfasaje entre la productividad y la eficiencia del trabajo podía superarse a través de la implementación de metodologías de diseño apoyadas en BIM y el *Knowledge Management*.



IMG\_05-05

Diversos análisis indican que los aspectos más importantes por los cuales se debe proceder a la implementación de innovaciones en tecnología digital como estructuradores de información son la precisión de los documentos generados, la mejor comunicación entre actores, la reducción de costos, entre otras cuestiones cuya incidencia se muestra en la imagen IMG\_05-05. El mejor entendimiento colectivo, la reducción de los conflictos durante la etapa de construcción, el control

<sup>129</sup> Kenji, I.; Yasumasa, U.; Raymond, E.; Adnan, D. *Linking Knowledge Based Systems to CAD Design Data with an Object Oriented Building Product Model*. Stanford, Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering, 1989. Disponible en: <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR017.pdf> Última visita 01/03/2014.

de los costos, entre otros beneficios cuantitativamente ilustrados en la imagen anterior justificaron su configuración como nuevos estándares de la industria.

La evolución hacia la práctica integrada y la incorporación de nuevas metodologías para el desarrollo de proyectos debe concentrarse en implementar un proceso que vincule la educación y el sector privado para poder generar una nivelación en cuanto a la utilización y disponibilidad de recursos. Esta búsqueda de equilibrio se debe a que, más allá de los beneficios de su utilización, estas metodologías son parcialmente desconocidas en países como Argentina<sup>130</sup>, planteando uno de los desafíos que enfrenta este trabajo de tesis. Phillip Bernstein se refiere al vínculo de las nuevas metodologías para el desarrollo de proyectos y la formación:

*“It is fascinating to me that BIM is one circumstance where a major, transformative trend in architecture is being defined and vetted almost exclusively outside the realm of the academy. As teachers, do we want the marketplace—a dangerous zone of risk, low margins and high unemployment for architects—to redefine the role of architects? These changes are happening out there, whether the academy engages the question or not”<sup>131</sup>.*

## **SIMULACIONES DIGITALES DE LOS EDIFICIOS PROYECTADOS**

El modelado y simulación es una actividad que debe conjugar creatividad, innovación y colaboración; asimismo está guiado por una idea de base que requiere ser puesta continuamente a prueba por el proyectista para profundizar su conocimiento. Por otro lado debe ser considerado como un desarrollo reflexivo, donde cada paso dado debe mantener vínculos con su antecesor y su sucesor, permitiendo constantes ponderaciones y verificaciones.

La imagen IMG\_05-06 muestra las capacidades de los sistemas BIM para realizar análisis energéticos integrados al proyecto de un edificio, utilizando en este caso Autodesk Ecotect Analysis, si bien otras herramientas, como Autodesk Revit Architecture ofrecen similares posibilidades.

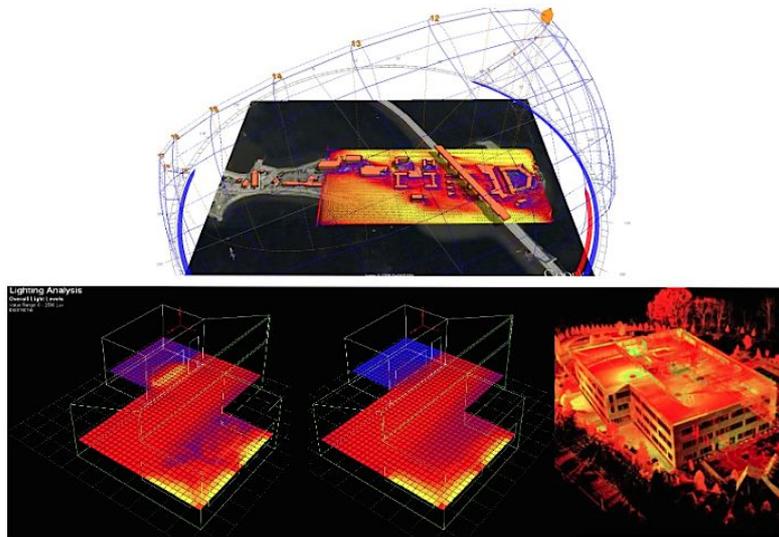
Otra posibilidad que brindan estos sistemas es analizar los consumos energéticos que podrían generar los proyectos, permitiendo proponer distintas alternativas para la volumetría y mejorar así los resultados, como ilustra la imagen IMG\_05-07.

---

<sup>130</sup> Mauer, M. “Del CAD al BIM: potencial y desafíos para el mercado argentino”. Op. cit.

<sup>131</sup> Szenasy, S. “Questions & answers: Phil Bernstein”. En: *Metrópolis* magazine, New York, 13 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.metropolismag.com/Point-of-View/February-2012/Q-A-Phil-Bernstein/> Última visita 01/03/2014.

## Análisis Energético Integral del edificio. Autodesk Ecotect Análisis



Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Ecotect Design

IMG\_05-06

## Simulación de Consumo Energético conforme la forma proyectada. Autodesk Revit Architecture

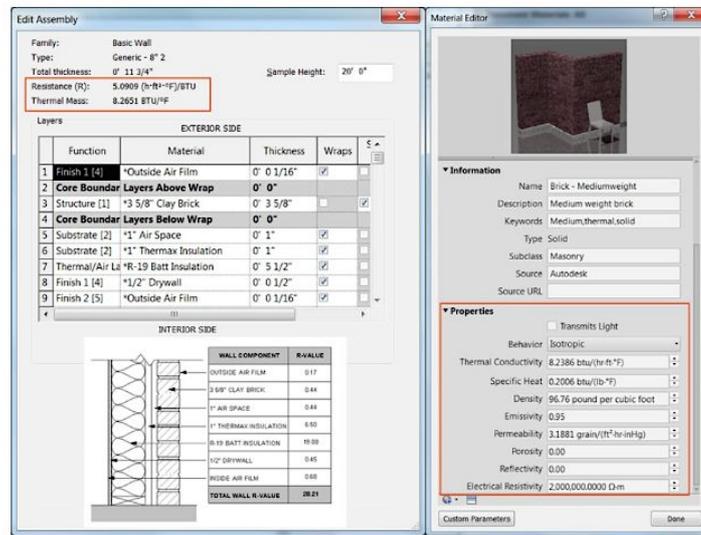


Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-07

Por último la IMG\_05-08 permite reconocer las múltiples variables de información -sobre las propiedades físicas de cada componente seleccionado- que la simulación ofrece al proyectista para la selección de materiales.

## Análisis de las propiedades físicas de los materiales. Autodesk Revit Architecture

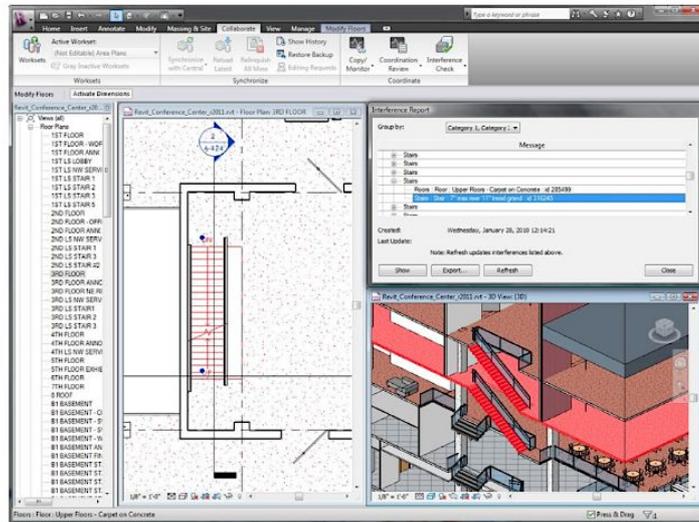


Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-08

Las imágenes previas ponen en evidencia que a fin de aprovechar las potencialidades de vincular gran parte de la información del edificio, es necesario que los proyectistas incorporen nuevas capacidades que les permitan entender el significado del proceso de modelado digital de la información. En particular, se deben considerar críticamente aspectos tanto técnicos como sociales. Desde un punto de vista técnico, un proceso de simulación de los datos almacenados permite obtener la verdadera magnitud de sus relaciones e incidencias. En lo que refiere a lo social, el trabajo integrado y colaborativo permite que los actores involucrados puedan realizar cruces de referencias para descubrir singularidades que permanecen ocultas en los desarrollos individuales. La posibilidad de ejercitar simulaciones que brinda el uso de los sistemas BIM y sus modelos digitales, cimentados en una base de datos dinámica, permite poner a prueba las diferentes opciones seleccionadas, enfrentarlas a condiciones imprevistas, y de esa manera poder identificar con mayor precisión lo que se está haciendo. La imagen IMG\_05-09 muestra las posibilidades que ofrecen los sistemas BIM en cuanto a su capacidad para viabilizar desarrollos colaborativos y multidisciplinarios, y particularmente la posibilidad de detección temprana de errores durante la etapa de desarrollo digital, evitando su manifestación física durante la construcción.

## Verificación de interferencias y errores previo a la construcción. Autodesk Revit Architecture

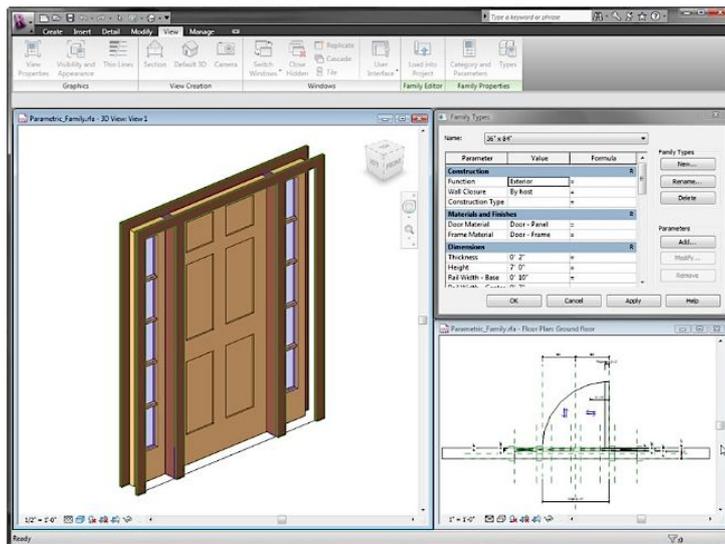


Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-09

La simulación permite comprender cómo interactúan las partes involucradas entre sí y dentro un sistema mayor con características propias. Como muestran las imágenes IMG\_05-10 e IMG\_05-11, los sistemas BIM tienen la capacidad de generar una coordinación modular y establecer relaciones paramétricas para realizar un cómputo y presupuesto de los componentes involucrados.

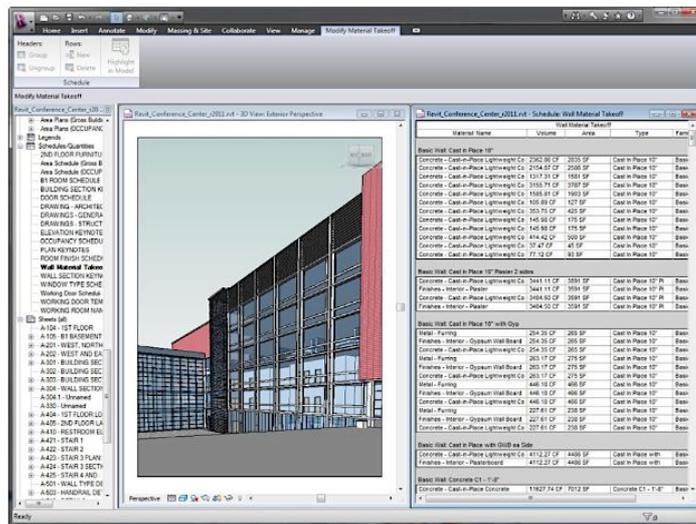
## Verificación paramétrica de los componentes de un edificio. Autodesk Revit Architecture



Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-10

## Cómputo de materiales propuestos para la construcción de un edificio. Autodesk Revit Architecture

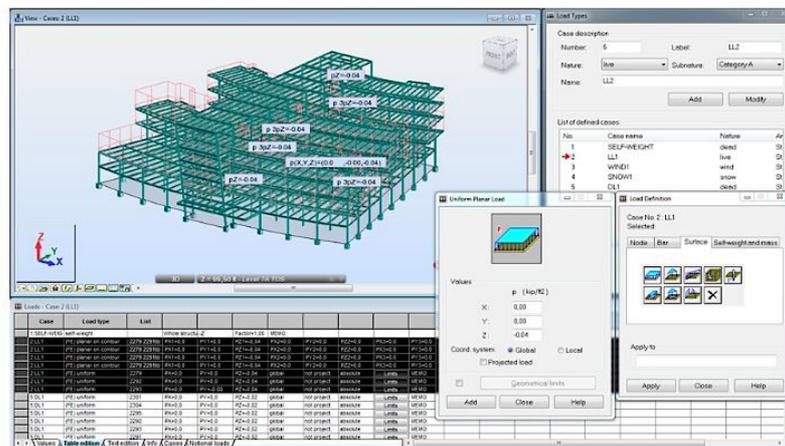


Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-11

Como muestra la imagen IMG\_05-12, la posibilidad de realizar un análisis de cargas y de establecer un vínculo dinámico temprano con el diseño, brinda al desarrollo mayor factibilidad.

## Análisis y simulación de cargas sobre la estructuras del edificio proyectado. Autodesk Revit Architecture



Fuente: Autodesk® Building Design Suite 2013. Building Information Modeling. Autodesk Revit Architecture

IMG\_05-12

El potencial de las simulaciones como instrumento de diseño pone en jaque posiciones aferradas a la tradición en el entorno académico, que ha centrado la formación profesional casi exclusivamente

en la etapa de diseño y no en la vida útil completa del edificio. Ryan Smith, director del *Integrated Technology Center in Architecture* de la University of Utah ha profundizado sobre los problemas y las oportunidades que la arquitectura enfrenta en la actualidad, analizando en particular cómo estos cruces afectan directamente la práctica y la formación:

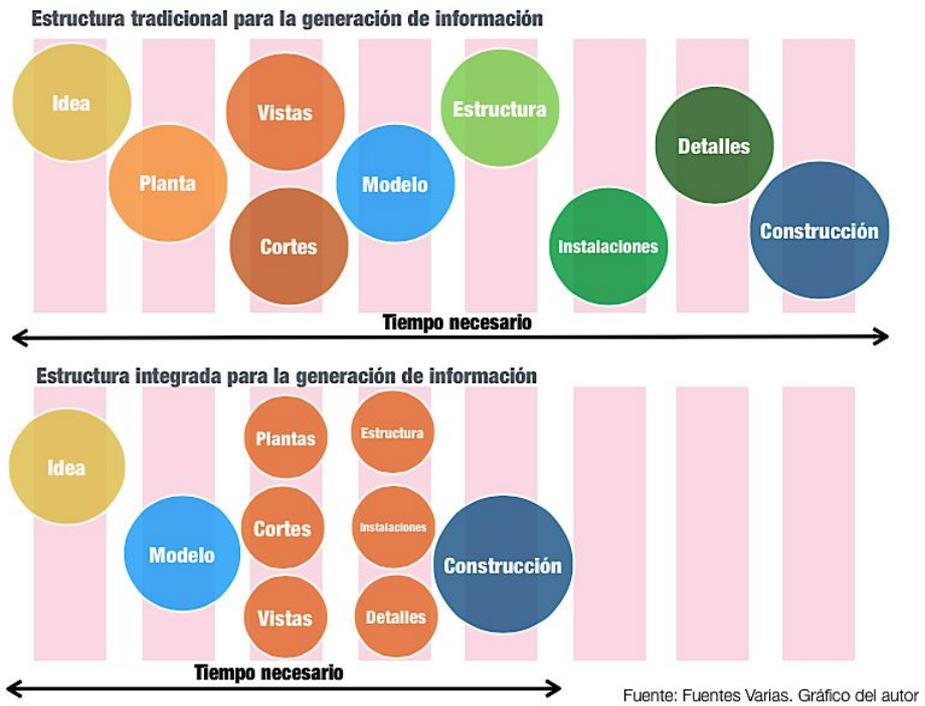
*...“Shift Happens. Necessarily, the 21st century architect is being introduced to a paradigm shift in the way buildings are designed, built and maintained that differs from early Renaissance master builders and the more recent 20th century singular architect hero (i.e. Howard Roark) Emergent digital technologies, such as BIM, and delivery techniques, such as IPD, are suggesting a much more integrated collaborative delivery that builds upon the individual expertise of key players in a building project. By integrating the process of building design, delivery and management, the AEC industry has the opportunity to redefine the relationships between conception and production with the architect as a key collaborator or facilitator of a building process that oscillates between stakeholders”<sup>132</sup>.*

Es importante destacar que los modelos digitales que se utilizan para las simulaciones referidas requieren de un alto grado de conocimiento del proyecto. En este sentido, existen dos cuestiones que en el contexto de este trabajo interesa ponderar. Las simulaciones de un modelo digital bien detallado brindarán los mejores resultados, aunque se debe aclarar que esto requiere de trabajo intensivo para cargar el modelo con información; a su vez, la realización de la simulación demanda un tiempo considerable, el que se corresponderá con la capacidad técnica instalada para el procesamiento de datos. Atento a esto, un alto conocimiento instrumental de los sistemas BIM, sumado al conocimiento adquirido del proyecto a partir de entrevistas con los clientes, los constructores y los especialistas, va a permitir seleccionar qué datos son necesarios cargar al modelo y cuáles no, optimizando el trabajo necesario y así reducir el tiempo necesario para procesar los datos de la simulación.

A modo de síntesis de lo expuesto, la imagen IMG\_05-13 permite reconocer cómo la capacidad de simular el proyecto y de allí extraer la información necesaria para la comunicación de las intenciones de diseño se configura como una ventaja competitiva innegable, en contraste como las metodologías precedentes, donde el modelo es estático y solo participa como una instancia de representación.

---

<sup>132</sup> Smith, R. “Integration and Education”. American Institute of Architects Center for Integrated Practice, 2011. Disponible en: [http://network.aia.org/centerforintegratedpractice/home/oneducation/#\\_ednref1](http://network.aia.org/centerforintegratedpractice/home/oneducation/#_ednref1) Última visita 01/03/2014.



IMG\_05-13

**CAPITULO 06**  
**TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN ARQUITECTURA**

## EL CONOCIMIENTO AL SERVICIO DE LAS NECESIDADES

...*"Transferring technology is the transfer of both physical and intellectual capital. The technology can only be successfully applied when knowledge/know-how is transferred with the technology"*<sup>133</sup>.

Con esta breve definición es posible entender que el conocimiento y la tecnología son difíciles de separar cuando se pretende trabajar integrada y colaborativamente. Esta unión brinda al proceso la posibilidad de aprovechar ambos actores durante el proceso de transferencia tecnológica<sup>134</sup>.

El análisis de la realidad económica de los hemisferios norte y sur arroja una notoria disparidad<sup>135</sup>, diferencia que se ha consolidado durante la mayor parte del siglo XX y continúa con el mismo registro durante los primeros años del siglo XXI. Esta desigual distribución de la riqueza pone a los países menos desarrollados en desventaja, no sólo económica, sino también social, cultural, y posiblemente ambiental. Con el fin de competir a nivel global y reducir esta brecha, algunos países menos desarrollados están implementando procesos de transferencia tecnológica, siendo Brasil un ejemplo elocuente de esta adecuación. Analizando algunos de los motivos que posibilitaron su ingreso al grupo de países cuyas economías son influyentes para el desarrollo mundial, se ponen en evidencia aspectos que sirven para entender los fundamentos de dicha incorporación. En los últimos años, en Brasil se han implementado sistemas de certificación para la producción industrializada, como son las Normas ISO para *Management System of Standard Certification*, con la intención de introducir mejoras. Dichas implementaciones, que en cantidad superaron a EEUU durante el mismo período, marcan una tendencia en Latinoamérica que es posible asociar como una de las principales causas del crecimiento. En la imagen IMG\_06-01 se compara la cantidad de estándares de certificación implementados por EEUU, Brasil y otros países del Mercosur.

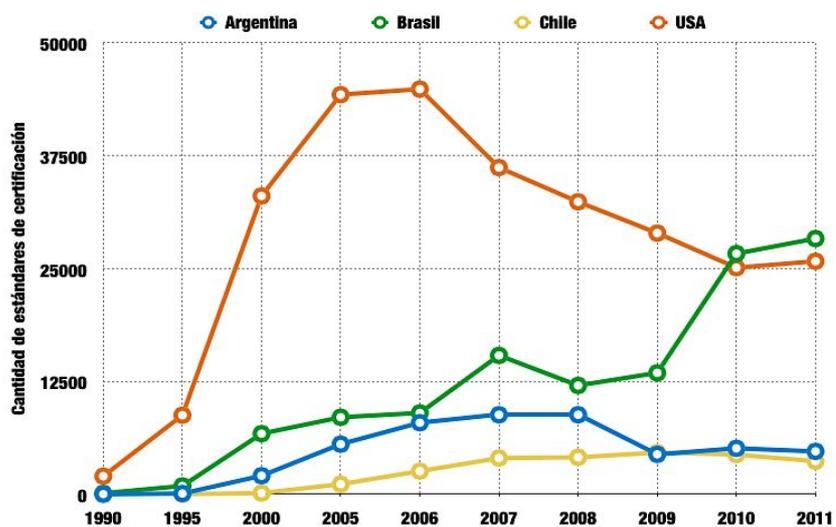
---

<sup>133</sup> Laidlaw, F. "Supporting Internal Technology Transfer with Knowledge Management at Motorola: a Case Study." En: *International Journal of Technology Transfer and Commercialization*, vol. 2, n° 1, 2003, p. 31.

<sup>134</sup> Tornatzky, L.; Fleischer, M. *The Process of Technological Innovation*. Lanham, Lexington Books, 1990, p. 13.

<sup>135</sup> Bas, T. "La Gestión Tecnológica en América Latina. Un Desafío Inconcluso". En: *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 1, n° 4, octubre 2006, p. 1-6.

### Sistemas para la administración de estándares de certificación



Fuente: International Organization for Standardization. ISO copyright office. Management System of Standard Certification. Gráfico del autor

IMG\_06-01

Reconociendo nuevamente que la arquitectura es una práctica global inmersa en un ecosistema informático, es posible reconocer que la incorporación de certificaciones brinda a los arquitectos nuevas oportunidades para la oferta de servicios a través de la modernización de las metodologías y los protocolos de organización. Este escenario plantea inéditas oportunidades y desafíos para la arquitectura. Por el lado de las oportunidades, los profesionales que adopten protocolos certificados de estandarización para el desarrollo de proyectos podrán formar parte de un escenario ampliado en donde poder brindar sus servicios. En cuanto a los desafíos, aquellos que quieran mantenerse actualizados sobre las nuevas metodologías, evitando quedarse al margen de los desarrollos, deberán atender a estos nuevos escenarios y sacarle provecho a estas implementaciones.

La referida transferencia tecnológica define e integra los propósitos y las prácticas, al mismo tiempo que proporciona las herramientas necesarias para promover, captar y difundir el capital intelectual de toda una organización. De esta manera, posibilita la clasificación y la difusión de conocimiento tácito y explícito para el desarrollo de proyectos. Una de las implicancias más relevantes de su incorporación en la práctica de la arquitectura, como vínculo entre conocimiento y necesidades, es que permite hacer un paralelo entre saber “cómo hacer las cosas” y saber “porqué se hacen las cosas” de esa manera.

En consecuencia, es posible afirmar que no se trata de conectar unas máquinas con otras, y no tiene vinculación con una tecnología específica -no es una computadora o una rayo láser, como erróneamente circunscriben los “tecnofóbicos”- sino que es la transformación de recursos socio-tecnológicos disponibles, como los conocimientos y los instrumentos, en respuestas. Es oportuno recordar que la adquisición de tecnologías no necesariamente conduce a la adquisición de conocimientos, ni tampoco la capacidad tecnológica para operarlos. Estos procesos dinamizan el conocimiento, permitiéndole generar una estructura relacionada entre la infraestructura necesaria para la generación y administración del conocimiento en arquitectura, que hace posible enfrentar un gran número de condicionantes. De esta manera, se transforma en un proceso ampliado para el desarrollo de proyectos que abarca: los términos legales, las técnicas, la gestión y la construcción<sup>136</sup>. Asimismo, integra los equipos de gestión y organización de la información, definiendo cómo fluye el conocimiento entre los actores involucrados en un proyecto.

La transferencia tecnológica forma parte de un sistema complejo, constituye una mixtura entre conocimiento técnico y organizativo, y las relaciones entre ambos, se basan en la convergencia de la tecnología informática y las comunicaciones. Durante este proceso surgen conocimientos inéditos, los cuales generan nuevas investigaciones sin responder a un problema en particular.

Cabe aclarar que esta transferencia no es exclusiva del mundo de los negocios, sino que abarca todo el escenario de las acciones sociales al vincular el conocimiento disponible con las necesidades que requieren respuestas y/o soluciones, creando un continuo entre la asimilación y la generación de nuevo conocimiento. Esta situación debe ser atendida en particular desde los frentes más reacios al cambio, como son la formación académica y la práctica profesional<sup>137</sup>. En la definición de la problemática se podría ejercitar un orden general, y reconocer que esta situación plantea dos escenarios de discusión, diferenciados en función de la prioridad o ignorancia que le otorgan a la productividad. Ciertamente es que ambas posiciones se han fundamentado en una mejora sustancial del entorno social construido; sin embargo, mientras uno adscribe a la mejora del producto, el otro lo hace poniendo el foco en el proceso. El primer enfoque claramente adopta las innovaciones en

---

<sup>136</sup> Davenport, T.; Prusak, L. *Working knowledge*. Boston, Harvard Business School Press, 1998.

<sup>137</sup> Cabe indicar que por cuestiones metodológicas este trabajo de tesis ha debido introducir un recorte para concentrarse principalmente en el impacto detectado en la práctica profesional, sin dejar de observarlo desde su vínculo con la enseñanza, por considerarlas inseparables.

tecnología como instrumentos, con un argumento sencillo: la optimización en búsqueda de eficiencia. Por el contrario, el segundo enfoque trabaja en el orden de lo simbólico, y acompaña tangencialmente estos avances del mundo productivo. Esta posición es discernible en la práctica profesional de la arquitectura, por ser ésta una disciplina poco permeable a la incorporación de innovaciones tecnológicas como instrumentos para el vínculo entre la idea y el diseño, y entre el diseño y la construcción.

### Transferencia Tecnológica en Arquitectura



IMG\_06-02

Las visiones críticas de cada pronunciamiento son conocidas; mientras que una desdeña posturas de corte práctico por entender que los productos generados bajo este enfoque pierden valor por ser concebidos dentro de la lógica del proceso, la otra considera que la lógica constructiva atenta directamente sobre la base de la ecuación productiva. Sin embargo, resulta evidente que no son enfoques que deban asumirse de manera tan opuesta; ambos indican hacer cosas usando instrumentos, siendo la única diferencia la escala y el conocimiento necesario para desarrollarlas. Por lo tanto, si relacionar dinámicamente el conocimiento con los requerimientos estables y emergentes es considerado importante, también se debe considerar que existe un continuo entre la creación y la asimilación de conocimiento, donde “saber porqué” es tan importante como “saber cómo”.

Para este trabajo de tesis, el proceso de transferencia tecnológica se presenta como el conjunto integrado y organizado de las decisiones, acuerdos y actividades que se apoyan recíprocamente<sup>138</sup>. La tecnología constituye un fenómeno complejo que incluye una variedad de objetivos sistemáticamente relacionados con procesos físicos -herramientas y máquinas- e intelectuales -arquitectos, ingenieros y técnicos-, el *Knowledge Management*, por su parte, constituye el elemento vinculante de los conocimientos disponibles. En este escenario, la digitalización, como manifestación social de los avances en las tecnologías digitales, debe ser considerada como un posibilitante que brinda ventajas competitivas, no una invasión que desgasta y adormece la capacidad creativa. En su interesante artículo "Architecture and the Virtual" Antoine Picon expresa claramente estos planteos:

*... "In many respects, two-dimensional, hand-produced drawings are no more material than computer-based ones. The abstraction inherent in architectural representation does not necessarily imply a lack of materiality in its realization. The antagonism of critics like Kenneth Frampton is directly related to the recognition of this gap between digital representation and traditional tectonics. However disturbing it may be, such a gap is not necessarily synonymous with a dematerialization of architecture. The computer redefines materiality rather than abandoning it in favor of the seduction of pure images. This displacement demands a redefinition of design objectives and procedures"*<sup>139</sup>.

Ese nuevo conocimiento ampliado, colectivamente construido y cuyo rasgo más relevante es la colaboración y la simultaneidad, conmina a ampliar los bordes desde donde entender teórica y conceptualmente la disciplina, replanteando el posicionamiento respecto de su discutida autonomía.

## **EL CONOCIMIENTO COMO EL ADN DE LA ARQUITECTURA**

En arquitectura, la pretendida independencia disciplinar, asociada a la autonomía<sup>140</sup>, impide ver claramente que algunos de los componentes involucrados -como las herramientas de representación análogas y digitales, el costo de los materiales, las reglamentaciones locales, o la gestión de información disponible- intervienen cada vez más activamente en el proceso de diseño e influyen dejando su marca en la definición del entorno construido. Sin embargo, lo más interesante de algunas de las innovaciones tecnológicas no radica en lo llamativo de las formas que permiten - esa sería una mirada incompleta, propia de los "tecnofóbicos"- sino en el cambio que producen en la

---

<sup>138</sup> Bohn, R. "Measuring and managing technological knowledge." En: *Sloan Management Review*, vol. 36, n° 1, 1994, p. 61-73.

<sup>139</sup> Picon, A. "Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality". Op. cit., p. 116.

<sup>140</sup> Tzonis, A; Lefavre, L. "The question of autonomy in architecture". En: *Harvard Architectural Review*, n° 3, 1984.

organización del trabajo en la práctica profesional de la arquitectura. Esta inédita situación propone una renovada definición de diseño, en la que se valore la información generada, porque la selección de datos, su transformación en información y el procesamiento de ésta para convertirla en conocimiento, se transforman en parámetros de diseño. Siguiendo la línea planteada respecto del valor que ha adquirido la información, también la colaboración debe ser considerada como una necesidad que potencia el valor de la selección y la administración de la información.

La capacidad de los instrumentos de tecnología digital, cuando operan como estructuradores del conocimiento, no está dada por la posibilidad de atomizar el proyecto en aportes anónimos, sino en permitir trasladar las intenciones de diseño directamente a la forma, generando un desarrollo de proyectos más transparente sin alterar el proceso creativo. Gran parte de las discusiones respecto de la búsqueda de transparencia en el desarrollo de proyectos se ha dado desde una perspectiva incompleta, como sugieren los argumentos de este trabajo de tesis, ya que en la mayoría de los casos se analiza lo que se ve solamente desde lo que se sabe; es decir, solo desde la perspectiva del conocimiento personal y no conforme la utilización de información procesada, correlacionada y transformada en evidencia.

Siguiendo con esta línea argumental, este trabajo de tesis propone la incorporación de innovaciones tecnológicas, considerándolas como posibilitantes de masa para un pensamiento crítico, con el poder de generar un contexto para operar simultáneamente en múltiples aspectos de un problema y sus relaciones. Estas posibilidades refuerzan la incorporación del *Knowledge Management* en arquitectura, porque se amplían las alternativas para proponer soluciones a contingencias emergentes, evitándose utilizar recetas pasadas para intentar solucionar problemas presentes.

Esta propuesta plantea un importante desafío para la práctica profesional contemporánea, condicionándola a trabajar en los márgenes disciplinares tradicionalmente intocables de la arquitectura, allí donde las innovaciones tecnológicas pueden producir cambios de significativa relevancia y beneficiar los procesos más allá de lo conocido. Por esto es que se constituye en un objeto de estudio para explorar y explotar, ya que la propuesta de trabajar en la relación recíproca entre la intuición y la evidencia para ofrecer alternativas intenta no limitarse a la práctica profesional que ha prevalecido en los últimos años, sino explorar caminos alternativos y aproximar soluciones integrales. Este planteo no pretende ignorar que en algunos casos estas metodologías son

completamente desconocidas, ni que los obstáculos no están mayormente en las posibilidades sino en los procedimientos. Es necesario revisar las metodologías y los procesos vigentes, porque diversos estudios sugieren que el método tradicional de la práctica de la arquitectura aislada es susceptible a críticas *“por el funcionamiento inadecuado de los edificios en términos funcionales/estéticos, pero también por la administración de información, control de costos y sustentabilidad”*<sup>141</sup>.

Los adelantos tecnológicos han influido a diversas disciplinas e industrias proporcionando nuevos métodos, en la gran mayoría de los casos con resultados más que alentadores, los que pueden ser incorporados a la arquitectura si ésta prepara el andamiaje necesario para su recepción. Estas nuevas prácticas ofrecerían simulaciones como conjuntos de datos analíticos para ser utilizados como “consejeros de forma”, siendo importante aclarar que este trabajo de tesis de ninguna manera propone que estos datos sean considerados “la forma”. No obstante, es significativo reconocer que al asociar los valores numéricos de los análisis –radiación solar, consumo energético, presupuesto y otras características sustentables-, con las variables sociales y programáticas que definen la geometría –dimensiones, proporciones, ángulos y áreas-, se contribuye directamente en la definición de la forma a través de indicadores confiables, conforme una amplia gama de criterios para el uso eficiente de los recursos involucrados. Lo expuesto tiende a poner en discusión los beneficios de analizar y evaluar cada patrón mediante simulaciones de propiedades funcionales y físicas, porque no se debe desdeñar que la modificación de una sola variable determina un cambio en los resultados generales, los que deben ser refrendados conforme el objetivo principal. Este cambio produce el requerido paso de la intuición a la evidencia que va a permitir nivelar los aportes de las diferentes especialidades y así mejorar la propuesta de servicios arquitectónicos a la sociedad en su conjunto.

En este trabajo se ha tratado de poner en debate la manera en que se estructuran las respuestas a los nuevos desafíos planteados por el desarrollo de proyectos de arquitectura en la actualidad. Con esto no se pretende afirmar que algunos métodos de análisis tradicionales son incorrectos, pero no se debe ignorar que existen nuevos desafíos, y éstos exigen inéditas soluciones. Similar al abordaje que requiere la actual crisis climática, no se trata sólo de analizar resultados sino también procesos.

---

<sup>141</sup> Estos parámetros de análisis no forman parte de las preocupaciones primarias de las metodologías tradicionales, simplemente porque no se han incorporado los instrumentos y herramientas que posibilitan realizar esos estudios. Bernstein, P. “Nature vs. Neon. Can sustainable design save money and the environment?”. En: *The New York Magazine*, 12 de diciembre de 2005. Disponible en: [http://images.autodesk.com/emea\\_nw\\_w\\_main/files/philbernsteinarticle.pdf](http://images.autodesk.com/emea_nw_w_main/files/philbernsteinarticle.pdf) Última visita 01/03/2014.

## APORTES FINALES

Esta tesis encuentra uno de sus principales fundamentos en una línea de investigación con sede francesa que desde la década de 1980 ha redirigido la metodología de estudio de la historia de las ciencias y la tecnología, de la mano de autores como Dominique Pestre y Michel Callon<sup>142</sup>. Estos aportes han permitido superar concepciones deterministas que explicaban el proceso de transferencia tecnológica a distintos ámbitos disciplinares como una mera acumulación progresiva de herramientas y máquinas. El trabajo de campo desarrollado por numerosos investigadores, analizando los procedimientos estándares de los científicos en los laboratorios de renombre, contribuyó notoriamente a definir esta nueva perspectiva, la que incluso ha promovido estudios similares -arrojando resultados sumamente sugerentes- sobre el proceso de diseño arquitectónico<sup>143</sup>.

En particular, la noción de *Actor-Network Theory* (ANT) –desarrollada por Bruno Latour, Michel Callon and John Law, entre otros miembros del Centre de Sociologie de l'Innovation de la École National Supérieur des Mines de Paris- constituye un intento relevante para comprender los actuales proceso de innovación y creación de conocimiento en las ciencias y la tecnología. Como uno de sus autores afirma, la ANT constituye una estrategia para explorar exhaustivamente los vínculos que se establecen en cualquier red; no es realmente una teoría “de” nada, sino más bien un método<sup>144</sup>. Es justamente esta naturaleza operativa que la hace asimilable a distintos contextos disciplinares.

Vinculando esta teoría con la arquitectura, Mario Carpo refiere:

*... "The conflict between the natural and the artificial has become totally blurred today. As the social scientist Bruno Latour puts it, we live in a techno-nature in which the traditional distinction between the two domains no longer applies. The difference between hand and computer produced designs parallels the contrast between a walk and a car ride. At stake in both cases is an opposition between man and the pairing formed by man and machine—a machine which cannot be reduced to a mere accessory. Both the power of the computer, and also its thickness, make it indeed different from traditional tools. Its use could be assimilable to an encounter with a "non-human actor," to use Bruno Latour's conceptual frame"*<sup>145</sup>.

---

<sup>142</sup> Joerges, B; Nowotny, H. *Social studies of science and technology: looking back, ahead*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003.

<sup>143</sup> Particularmente sobre el estudio OMA, ver: Yaneva, A. *Made by the Office of Metropolitan Architecture. An ethnography of design*. Netherlands, 010 Publishers, 2009. También: Latour, B.; Yaneva, A. "Give Me a Gun and I Will Make All Buildings Move: An ANT's View of Architecture". Op. cit.

<sup>144</sup> Latour, B. *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford, Oxford University Press, 2005.

<sup>145</sup> Picon, A. "Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality". Op. cit., p. 116.

Siguiendo esta interpretación de Carpo, es posible afirmar que la ANT ofrece una perspectiva interesante para analizar el complejo escenario actual de la arquitectura, en tanto que trata de explicar cómo diferentes componentes se unen con el objetivo de formar un todo, sin que la similitud de características –social/tecnológico, simple/complejo- sean un rasgo común entre los elementos a vincular. La arquitectura, vista desde el filtro de la ANT, constituye un híbrido, suspendido entre discursos y elementos que cambian constantemente. Asimismo, sirve como marco para producir los cruces de información que permitirán operar con las constantes innovaciones que inciden en la arquitectura, propiciando un espacio de discusión disciplinar. En la misma línea, permite interactuar en un mismo ámbito con lógicas inherentes al mercado, como son la programación, la planificación y las inversiones, y con propuestas surgidas desde postulados sensibles de diseño, como son la composición, las proporciones y las jerarquías espaciales. Esta referencia no puede dejar de lado que en la actualidad también se deben incorporar aspectos de sustentabilidad, como el consumo energético, el peso específico de los materiales y las emisiones de carbono, planteado una respuesta a la reflexión de Bruno Latour y otros, en tanto que:

*...”the problem with buildings is that they look desperately static. It seems almost impossible to grasp them as movement, as flight, as a series of transformations. Everybody knows—and especially architects, of course—that a building is not a static object but a moving project, and that even once it is has been built, it ages, it is transformed by its users, modified by all of what happens inside and outside, and that it will pass or be renovated, adulterated and transformed beyond recognition”<sup>146</sup>.*

Como se indica en la imagen IMG\_AF-01, Bruno Latour considera a los participantes de la ANT como *actants*<sup>147</sup> -*humans and no humans*-, cada uno con su particular capacidad de actuar. De esta manera, busca superar dos interpretaciones reduccionistas, por un lado el determinismo tecnológico que asume que los cambios en tecnología provienen exclusivamente de fundamentos tecnológicos y, por otro, el determinismo social, que asume que los cambios sociales provienen exclusivamente de fundamentos sociales. Este análisis puede trasladarse a la arquitectura, en tanto que, por ejemplo, expone la innegable relevancia de códigos y regulaciones en la forma final de los edificios. Este carácter integrador de la definición de Latour iguala aportes de personas, herramientas, códigos, normativas e instrumentos, etc. siendo esta una cuestión frecuentemente ignorada por la mirada

---

<sup>146</sup> Latour, B.; Yaneva, A. “Give me a Gun, and I will make all Buildings Move”. Op. cit., p. 88-89.

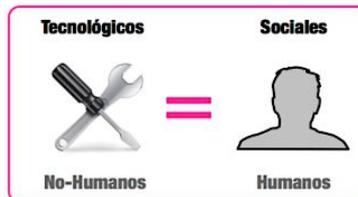
<sup>147</sup> Neyland, D. “Dismissed Content and Discontent: An Analysis of the Strategic Aspects of Actor-Network Theory”. En: *Science, Technology, & Human Values*, vol. 31, n° 1, 2006, p. 29-51.

autónoma de la arquitectura. Asimismo, este planteo pone en jaque la idea heroica del autor único, relativizando la inspiración y el talento como única instancia creativa.

### Análisis de la Actor-Network Theory



### Actor-Network Theory propone igualar los aportes Sociales y Tecnológicos



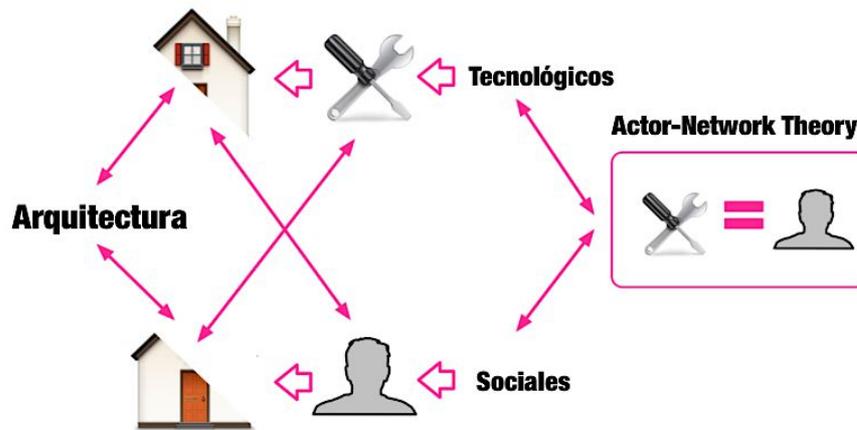
Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_AF-01

La conectividad, la interactividad y la participación tanto social como tecnológica son conceptos de significativa vigencia. Esta interactividad, que propone relacionar personas e instrumentos a través de la integración y la colaboración social y tecnológica, manifiesta una profunda reflexión sobre las jerarquías establecidas tradicionalmente; es decir, lo que ha sido asumido como correcto y con sentido común. En esa línea, cabe recordar que lo más relevante de las innovaciones tecnológicas no es un aspecto formal, sino organizativo.

Al analizar las metodologías tradicionalmente utilizadas para el desarrollo de proyectos en arquitectura se pone en evidencia que en ellas se conjugan simultáneamente acciones sociales y tecnológicas, sin que se pueda ejercitar una separación concreta entre las influencias de cada una, como se muestra en la imagen IMG\_AF-02.

### Vínculo entre la Actor-Network Theory y Arquitectura



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_AF-02

La comprensión final de la manifestación proyectada y construida de una obra de arquitectura no puede dejar de lado el hecho que las personas toman decisiones tecnológicas basadas en su contexto social; al mismo tiempo, dichas decisiones tecnológicas están determinadas por el conocimiento técnico de otros actores vinculados a su contexto social. Por esto, el éxito en el desarrollo de un proyecto y su posterior construcción depende de la colaboración entre individuos, instrumentos, organizaciones y las relaciones entre todos los actores que participan. Estas organizaciones están compuestas por miembros directamente relacionados con los equipos de diseño, quienes asimismo están indirecta y temporalmente comprometidos conforme su especialidad.

Si bien se les reconoce una función relevante en el proceso, cada organización constituye un nodo aislado con un único objetivo, y su incorporación al circuito colectivo debe ser organizadamente estructurada para que no genere pérdidas y/o repeticiones. Al mismo tiempo, se espera que puedan generar respuestas a preguntas como:

- ¿cómo se administra la información proveniente de clientes y sus exigencias –a veces- contradictorias?
- ¿cómo se manifiestan las limitaciones reglamentarias y reguladoras de la planificación urbana?
- ¿dónde se ubica el presupuesto y las diferentes alternativas?

- ¿cómo se administra la dinámica del presupuesto?
- ¿qué rol ocupa la logística de las operaciones involucradas en las manifestaciones construidas?
- ¿cómo se evalúa y compara la incorporación de información procesada por calificados y no calificados?
- ¿dónde se incorporan los cambios del programa?

El valor de los planteos formulados anteriormente, y sus respuestas, adquieren su relevancia al reconocer que los edificios se representan en 2D y/o 3D, siguiendo convenciones gráficas y textuales, pero estas representaciones dicen poco de la dinámica de sus relaciones. Al tratar a un edificio como un objeto estático, valorando solo su representación gráfica, se dice muy poco acerca de un edificio como un proyecto en donde convergen múltiples disciplinas y dimensiones de análisis. La aplicación de la ANT propone atender la multidimensionalidad del desarrollo del producto, considerando el “cómo” hacer algo y el “con qué” sin estar separado del “qué” se quiere hacer. Así lo expresa el arquitecto Chris Hall, *Associate Partner of SHoP Architects* de Nueva York:

*“Embedded in the mundane work of the office is, I think, a new definition of “design.” How we perform design, what we do to make it, cannot be separated from how we conceive it, and changes in this performance have shifted the concept of design more than we have acknowledged. These themes are: extraction as a design parameter; sharing as a (yet to be fully organized) design necessity; and management as a new design priority”<sup>148</sup>.*

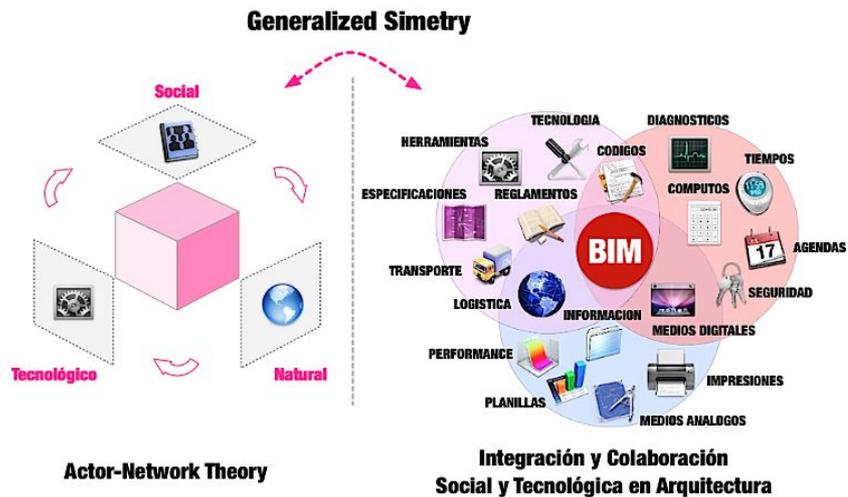
La administración a la que refiere Hall no significa considerar toda la información con el mismo nivel de importancia, sino clasificar las magnitudes por la relevancia que adquiere en su contexto específico, a través de sus relaciones recíprocas con las otras las instancias proyectuales que convergen en el desarrollo. Esta hibridación que caracteriza la ANT puede ser contenida en arquitectura dentro de la integración y la colaboración social y tecnológica de todos los componentes involucrados; es decir, arquitectos, propietarios, constructores, ingenieros y especialistas en instalaciones. En esta línea, la importancia de pensar la arquitectura desde de la ANT permite trabajar en conjunto con conceptos como forma, materia e innovaciones digitales, que son generalmente tópicos primarios de discusión en la enseñanza y la práctica profesional de la arquitectura. También viabiliza la organización tecnológica como organización de procesos, sin afectar así temas arraigados en los planteos de discusión disciplinar.

---

<sup>148</sup> Deamer, P. The Changing Nature of Architectural Work. Interview with Chris Hall. 2010.

En esta línea argumentativa sirve destacar el concepto de la *Generalized Symmetry* planteado en la propuesta teórica de la ANT, ya que no establece diferencias entre las habilidades sociales y tecnológicas de los actores al operar en el entorno natural. Esto supone que cuando un actor participa de una red pierde su carácter individual y comienza a ser parte de la misma. La relevancia de este nuevo actor colectivo se manifiesta a través de su relación con otros con los que interactúa y forman parte del contexto de aplicación. El resultado de estas relaciones no pueden ser presupuestas o estáticas, tal como ilustra la imagen IMG\_AF-03. Asimismo, el gráfico muestra que el mismo enfoque integrador y colaborativo se puede encontrar en la utilización de metodologías basadas en sistemas BIM, que funciona como sistema de engranajes que posibilita estas relaciones.

### Vínculo entre la Actor-Network Theory y Arquitectura



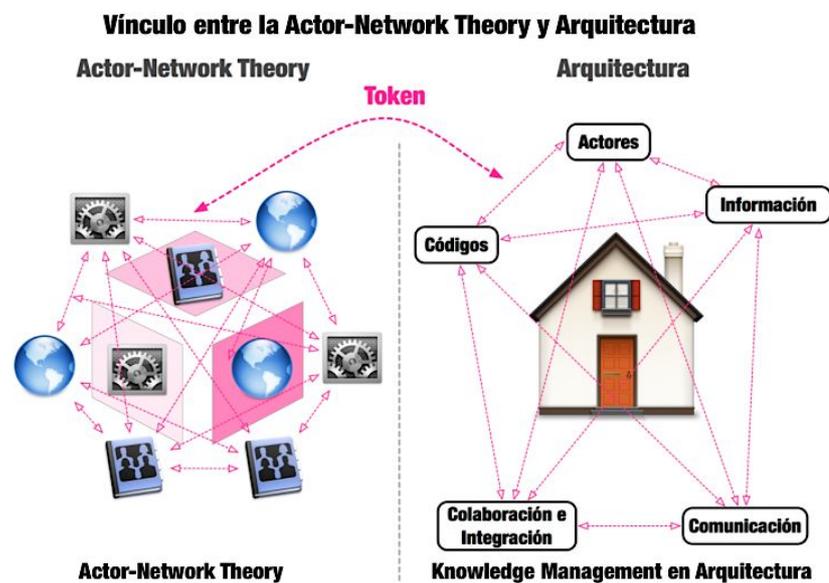
Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_AF-03

Como los actores que participan son configurados por las relaciones que se generan entre los aspectos naturales, sociales y tecnológicos, esto los equilibra y mantiene nivelados, constituyéndose en un marco más que pertinente para ser incorporado a la arquitectura. Esto brinda la posibilidad de obtener información valiosa para conocer el estado actual de cada instancia de proyecto, posibilitando proponer soluciones desde registros más estables, sin tener que respaldar las propuestas solo con el conocimiento personal o procedimental.

Como ha sido mencionado, la ANT no refiere solo a una red de contención con nodos estáticos e inmóviles, sino que las actividades entre actores edifican y re-edifican la red dinámica y

simultáneamente como sucede en arquitectura. El concepto de *Punctualization*, incluido en la ANT, implica considerar las relaciones entre los actores sociales, naturales y tecnológicos como un *Quasi-Object*. Éste, también llamado *Token*, surge de la convergencia de múltiples instancias que se integran en un sistema abierto. Esta tesis plantea que esta convergencia es posibilitada por el *Knowledge Management*, porque permite construir una estructura de conocimiento dinámica, manteniendo relacionadas las múltiples instancias de proyectos que son necesarias de conjugar en arquitectura. A medida que estos *Tokens* recorren la red evolucionan y valorizan a los otros con los que se conectan. Al ser utilizados como estructura para el conocimiento, esta dinámica de las relaciones hace posible trasladar las intenciones de diseño directamente a la forma construida, confiriéndole transparencia al proceso al demandar al usuario el conocimiento tecnológico del instrumento, de los materiales, de los procesos constructivos, y también del contexto social de la práctica disciplinar, como se puede ver en la imagen IMG\_AF-04. Este proceso genera un ambiente apropiado para el pensamiento crítico, que posibilita incluir múltiples aspectos de un problema y sus relaciones. Se establece así una estructura correlacionada que le confiere confiabilidad a la información contenida en la red para un constante ejercicio de prueba y error, apropiado para el desarrollo de proyectos de arquitectura en la actualidad.

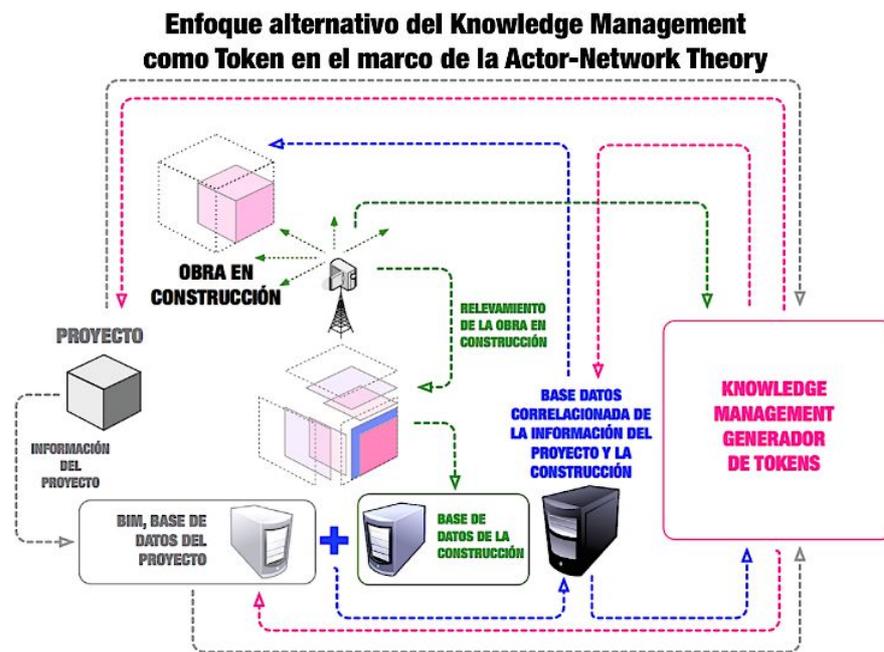


Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_AF-04

Este trabajo de tesis reconoce que la estructura social de las organizaciones en la arquitectura está fuertemente afectada por la tecnología, a manera de aplicación de conocimiento científico con fines prácticos y capacidad de gestión. Asimismo, importa reconocer que el conocimiento es multidimensional, y las relaciones que se establecen no son directas, sino que al actuar en una organización de actores que participan, estos vínculos se relacionan dinámicamente unos con otros mediante una transferencia tecnológica que los pone al servicio de las necesidades.

A manera de cierre, cabe reconocer que la arquitectura forma parte de una industria cuyo ámbito de operaciones es cada vez más global, por lo que es necesario incorporar prácticas no solo referentes a la esfera local para el desarrollo de los proyectos. Como resultado de esta internacionalización del trabajo, la práctica profesional de la arquitectura enfrenta el desafío de incorporar prácticas multidisciplinares integradas y colaborativas, en reemplazo de las tradicionalmente aceptadas, aisladas y autónomas.



Fuente: Fuentes Varias. Gráfico del autor

IMG\_AF-05

El análisis de las innovaciones tecnológicas que están disponibles para ser implementadas en el desarrollo de proyectos de arquitectura pone de manifiesto que, a diferencia de los sistemas de comunicación o diseño asistido por computadoras del pasado –que sólo concretaban ajustes a metodologías existentes y eran utilizadas principalmente como herramientas de representación y

especulación alrededor de la forma-, estas innovaciones proponen una verdadera transformación metodológica, donde es necesario asimilar una inédita organización del trabajo en arquitectura. Es por esto que para la optimización de la práctica profesional en Santa Fe, en particular, y en Argentina, en general, se propone un enfoque exploratorio y alternativo del *Knowledge Management* como *Token*, conforme lo ha definido Bruno Latour, apoyado en sistemas *Building Information Modeling* para asistir al proyectista con información actualizada. La imagen IMG\_AF-05 gráfica sintéticamente estas conexiones, las que se van a mantener durante toda la vida útil del edificio. Al mismo tiempo, brinda la posibilidad de incorporar los ajustes que sean necesarios durante la construcción para solucionar errores o admitir alternativas imprevistas, otorgándole a la organización y al proyecto un alto grado de flexibilidad y adecuación para responder a las demandas que la arquitectura recibe de parte de la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. *Overview of the Computer-Aided Design and Manufacturing Engineering Marketplace*. Mountain View, Input, 1982.
- Adams, N. *Skidmore, Owings, and Merrill: the experiment since 1936*. Milan, Electa, 2006.
- Adams, N. *Skidmore, Owings & Merrill: SOM since 1936*. London, Phaidon Press Inc, 2007.
- Alberti, L. *De re aedificatoria*. (translated by Joseph Rykwert, Robert Tavernor and Neil Leach). Cambridge, Massachusetts. MIT Press. 1988 (1° ed 1452)
- Allen, S. Presentación en el marco del ciclo "Unpacking my library". The Municipal Art Society of New York, agosto 2009. Disponible en: [www.youtube.com/watch?v=PgepUxbWkag](http://www.youtube.com/watch?v=PgepUxbWkag) Última visita 01/03/2014.
- Alloway, L. "The long front of culture". En: *Cambridge Opinion*, n° 17, 1959.
- Banham, R. "Stocktaking of the Impact of Tradition and Technology on Architecture Today". En: *The Architectural Review*, Londres, febrero de 1960.
- Bas, T. "La Gestión Tecnológica en América Latina. Un Desafío Inconcluso". En: *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 1, n° 4, octubre 2006, p. 1-6.
- Bedrick, J.; Rinella, T. *Technology, process, improvement, and culture change. Report on integrated Practice*. San Francisco, American Institute of Architects, 2005.
- Bernstein, P. "Nature vs. Neon. Can sustainable design save money and the environment?". En: *The New York Magazine*, 12 de diciembre de 2005. Disponible en [http://images.autodesk.com/emea\\_nw\\_w\\_main/files/philbernsteinarticle.pdf](http://images.autodesk.com/emea_nw_w_main/files/philbernsteinarticle.pdf) Última visita 01/03/2014.
- Bernstein, P. *Autodesk Charts a Path to Enable More Integrated and Sustainable Projects. Sensors & Systems - Autodesk Charts a Path to Enable More Integrated and Sustainable Projects*. 2010, gentileza del autor.
- Blackler, F. "Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An overview and Interpretation". En: *Organization Studies*, 16 (6), 1995, p. 1021.
- Blough, R. "The Business Roundtable. More Construction for the Money". The Construction Industry Cost Effectiveness Project, 1983. Disponible en: <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/BRTMoreConstructionForTheMoney.pdf> Última visita 01/03/2014.
- Blum, B. "Oral History of Walter Netsch". En: *Chicago Architects Oral History Project*. The Art Institute of Chicago, 8 de mayo y 5-28 de junio, 1995.
- Bohn, R. "Measuring and managing technological knowledge." En: *Sloan Management Review*, vol. 36, n° 1, 1994, p. 61-73.
- Booker, P. *A History of Engineering Drawing*. London, Chatto & Windus, 1963.
- Bowden, G. "Information is money". En: *Storage Networking Industry Association Europe*, October 2012.
- Branner, Robert. "The Labyrinth of Reims Cathedral". En: *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 21, 1962, p. 18-25.
- Bresnen, M.; et al. "Social Practices and the Management of Knowledge in Project Environments". En: *International Journal of Project Management*, n° 21, 2003, p. 157-166.
- Broshar, M. *Technology, process improvement, and culture change*. Waterloo, AIA Board Knowledge Committee Chair, InVision Architecture, 2005.
- Cabinet Office. *Government construction strategy*. United Kingdom, 2011, p. 13-14. Disponible en: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61152/Government-Construction-Strategy\\_0.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf) Última visita 01/03/2014.
- Carpo, M. *The alphabet and the algorithm*. Cambridge, MIT Press, 2011, p, 112.
- Castex, J. *Renacimiento, barroco y clasicismo. Historia de la arquitectura, 1420-1720*. Madrid, Akal, 1994.

- Chapman, R. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. Washington, U.S. Department of Commerce Technology Administration. National Institute of Standards and Technology. Advanced Technology Program Information Technology and Electronics Office, 2004.
- Charles, P.; Good, N.; Lamar Jordan, L.; Pal, J. *How much information?* Berkeley, University of California, 2003.
- Choo, C. "The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge, and Make Decisions" En: *International Journal of Information Management*, n° 6 (5), 1996, p. 329-340.
- Cole-Gomolski, B. "Users Loathe to Share Their Know-How". En: *Computerworld*, n° 31(46), 1997, p. 6-39.
- Davenport, T.; Prusak, L. *Working knowledge*. Boston, Harvard Business School Press, 1998.
- Deamer, P.; Bernstein, P. *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*. New York, Princeton Architectural Press, 2010.
- Demarest, M. "Understanding Knowledge Management" En: *Long Range Planning*, n° 30 (3), 1997, p. 374-384.
- De Sola Pool, I. "Tracking the Flow of Information". En: *Science*, vol. 221, n° 4611, 1983, p. 609-619.
- Drew Egbert, D. *The Beaux Arts tradition in French Architecture*. New Jersey, Princeton University Press, 1980.
- Eastman, C. et al. "An Outline of the Building Description System". Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Institute Of Physical Planning, 1974. Disponible en: [www.eric.ed.gov/PDFS/ED113833.pdf](http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED113833.pdf) Última visita 01/03/2014.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K.. *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New York, John Wiley & Sons, 2011.
- Egan G. *The Skilled Helper. A Problem Management and Opportunity Development Approach to Helping*. Charlottesville, University of Virginia, 1998, p. 7-8.
- Egbu, C. "The Role of Information Technology in Strategic Knowledge Management and Its Potential in the Construction Industry" En: *Proceedings of the UK National conference on Objects and integration for architecture, engineering and construction*, 2000, p. 106-114.
- Fallon, K. *The AEC Technology Survival Guide: Managing Today's Information Practice*. New York, John Wiley & Sons, 1997.
- Feenberg, A. "Critical Theory of Technology: An Overview". En: *Tailoring Biotechnology*, vol.1, Issue 1, 2005, p. 47-64.
- Fernandez Galiano, L. "La belleza convulsa. Huesca, deconstrucción y catástrofe". En: *Arquitectura Viva*, n° 69, noviembre - diciembre 1999.
- Fukuyama, F. *The End of History and the Last Man*. New York, Free Press, 1992.
- Gardner, D. "Knowledge That Won't Fit the Database - People". En: *InfoWorld*, n° 20 (14), 1998, p. 98. Wenger, E., McDermott, R.; Snyder, W. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2002.
- Garber, R. (ed). *Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design Practice*. New York, Wiley, 2009.
- Giedion, S. *La mecanización toma el mando*. Barcelona, Gili, 1978 (1° ed. inglés, 1948).
- González-Pulido, F.; Vaggione, P.; Ackley, L. "Managing the Construction of the Museo Guggenheim Bilbao. The Revised Cost Estimate". Harvard Design School, inédito. Disponible en: [http://www.uniroma2.it/didattica/ACALAB2/deposito/case\\_Guggenheim.pdf](http://www.uniroma2.it/didattica/ACALAB2/deposito/case_Guggenheim.pdf) Última visita 01/03/2014.
- Graham, R. "Architectural Practice and Education in South Africa: From Local Transformation to Global Participation". En: *Journal of architectural education*, vol. 58, issue 3, 2005.
- Higgin, G.; Jessop, N. *Communications in the Construction Industry*. London, Publisher Routledge, 1965.
- Joerges, B; Nowotny, H. *Social studies of science and technology: looking back, ahead*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003.
- Kaplinsky, R. "Technology transfer, adaptation and generation: A framework for evaluation". En: *Technology Transfer in the Developing Countries*. London, The Macmillan Press Ltd, 1990.

- Katz, G. *BIM Curriculum*. San Rafael, AutoDesk & Stanford University, 2010.
- Kenji, I.; Yasumasa, U.; Raymond, E.; Adnan, D. *Linking Knowledge Based Systems to CAD Design Data with an Object Oriented Building Product Model*. Stanford, Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering, 1989. Disponible en: <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR017.pdf> Última visita 01/03/2014.
- Kieran, S.; Timberlake, J. *Refabricating architecture: How manufacturing methodologies are poised to transform building construction*. New York, McGraw Hill Professional, 2003.
- Kostof, S. *El arquitecto: historia de una profesión*. Madrid, Cátedra, 1984.
- Laidlaw, F. "Supporting Internal Technology Transfer with Knowledge Management at Motorola: a Case Study." En: *International Journal of Technology Transfer and Commercialization*, vol. 2, n° 1, 2003.
- Latour, B. *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford, Oxford University Press, 2005.
- Latour, B. Yaneva, A. "Give me a Gun, and I will make all Buildings Move". En: Geiser, R. (ed.). *Explorations in Architecture: Teaching, Design, Research*. Basel. Birkhäuser, 2008.
- Le Corbusier, C. *Hacia una Arquitectura. 1923. Guía de la arquitectura moderna*. Barcelona, Blume, 1979.
- Lefèvre, W. *Picturing Machines 1400-1700*. Cambridge, MIT Press, 2004.
- Love, P.; Edum-Fotwe, F.; Irani, Z. "Management of Knowledge in Project Environments", En: *International Journal of Project Management*, n° 21, 2003, p. 155-156.
- Madu, C. "Transferring technology to developing countries: Critical factors for success." En: *Long Range Planning*, vol. 2, 1989, p. 115-124.
- Maluenda, A. "Tradición versus tecnología: un debate tibio en las revistas españolas". En: Actas del *Congreso Internacional Arquitectura, ciudad e ideología antiurbana*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, marzo de 2002.
- Mauer, M. "Del CAD al BIM: potencial y desafíos para el mercado argentino". En: *Revista Digital ARQA*, publicado 6 de julio de 2011. Disponible en: <http://arqa.com/empresas/noticias/del-cad-al-bim-potencial-y-desafios-para-el-mercado-argentino.html>. Última visita: 01/03/2014.
- Mayne, T. "Change or Perish. Remarks on building information modeling". En: *American Institute of Architects Annual Convention*, Las Vegas, 2005.
- McCavit, M. *Guide to the Records of the Albert Farwell Bemis Foundation, 1926-1954*. Massachusetts, MIT, 2012. Disponible en <http://libraries.mit.edu/archives/research/collections/collections-ac/pdf/ac302.pdf> Última visita 01/03/2014.
- Moe, K. *Urban energy systems*. Boston, School of Architecture, Northeastern University, 2010.
- National Institute of Building Science. *National Building Information Modeling Standards. Version 1, Part 1: Overview, principles and methodologies. Transforming the building supply chain through open and interoperable information exchanges*. National Building Standards. 2007, p. 1. Disponible en: [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf) Última visita 01/03/2014.
- Negroponte, N. *Being Digital*. New York. A. Knopf. 1995.
- Neyland, D. "Dismissed Content and Discontent: An Analysis of the Strategic Aspects of Actor-Network Theory". En: *Science, Technology, & Human Values*, vol. 31, n° 1, 2006, p. 29-51.
- Nonaka, I. "The knowledge creating company". En: *Harvard Business Review*, n° 69, 1991, p. 96-104. Alavi, M.; Leidner, D. "Knowledge management systems: issues, challenges, and benefits". En: *Communications of the AIS*, n° 1 (2), 1999.
- Ortega, L. *La digitalización toma el mando*. Barcelona, Gustavo Gilli, 2009.
- Parera, Cecilia. "Compendio de lecciones de arquitectura, de J.N.L. Durand". En: *Origen*. Revista Oficial del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Santa Fe Distrito 1, n° 48, setiembre 2010, p. 60-62.
- Parera, Cecilia. "Pioneros del diseño moderno: de William Morris a Walter Gropius, de Nikolaus Pevsner". En: *Origen*. Revista Oficial del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Santa Fe Distrito 1, n° 43, julio 2009, p. 48-49.

- Pentland, B. "Information Systems and Organizational Learning: The Social Epistemology of Organizational Knowledge Systems" En: *Accounting, Management and Information Technologies*, n° 5 (1), 1995, p. 1-21.
- Picon, A. "Architecture and the virtual. Toward a new materiality". En: *Praxis Journal of Writing and Building*, n° 6, 2004, p. 144-116.
- Picon, A. *The Return of Utopia. Contemporary Architecture and the Quest for Political and Social Meaning*. Cambridge, Harvard & Ecole des Ponts et Chaussées. 2008.
- Prensky, M. *Digital Natives, Digital Immigrants*. From On the Horizon. MCB University Press. 2001.
- Reimer, J. "Personal Computer Market Share: 1975–2004". Disponible en: [www.arstechnica.com](http://www.arstechnica.com) Última visita 01/03/2014.
- Saugo, A. "Autocad e Revit architecture no ensino do desenho arquitetónico". En: XXI Simposio GRAPHICA, Florianópolis, 2013.
- Scarborough, H.; Swan, J.; Preston, J. *Knowledge Management: A Literature Review*. Londres, Institute of Personnel and Development, 1999.
- Schultze, U. "Investigating the Contradictions in Knowledge Management". En: *Joint Working Conference on Information Systems: Current Issues and Future Changes*, Helsinki, Finland, Omnipress, 1998.
- Schultze, U.; Leidner, D. "Studying Knowledge Management in Information Systems Research: Discourses and Theoretical Assumptions" En: *MIS Quarterly*, n° 26 (3), 2002, p. 213-242.
- Seletsky, P. "The Digital Design Ecosystem: Toward a Pre-Rational Architecture". En: *AECbytes Viewpoint #37*. April 8, 2008.
- Shadbolt, N.; Hall, W. *The Semantic Web Revisited*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology and IEEE Computer Society, 2006.
- Silvetti, J. "Las musas no se divierten. Pandemonium en la casa de la arquitectura". En: *Summa+*, n° 66, junio 2004, p. 86-95.
- Smith, D.; Tardif, M. *BIM and building properties*. New York, John Wiley, 2009.
- Smith, R. "Integration and Education". American Institute of Architects Center for Integrated Practice, 2011. Disponible en: [http://network.aia.org/centerforintegratedpractice/home/oneducation/#\\_ednref1](http://network.aia.org/centerforintegratedpractice/home/oneducation/#_ednref1) Última visita 01/03/2014.
- Solá Morales, I. "Sadomasoquismo. Crítica y práctica arquitectónica". En: *Diferencias. Topografía de la arquitectura contemporánea*. Barcelona. G. Gili. 2003.
- Spender, J. "Organizational Knowledge, Learning and Memory: Three Concepts in Search of a Theory". En: *Journal of Organizational Change Management*, n° 9 (1), 1996, p. 63- 78.
- Stein, K. "Project Diary: Frank Gehry's Dream Project". En: *Architectural Record*, vol. 185, issue 10, 1997.
- Stenmark, D. "Leveraging Tacit Organizational Knowledge". En: *Journal of Management information systems*, n° 17 (3), 2001, p. 9-24.
- Swan, J., Newell, S.; Scarborough, H.; Hislop, D. "Knowledge Management and Innovation: Networks and Networking". En: *Journal of Knowledge Management*, n° 3 (4), 1999, p. 262-275.
- Szenasy, S. "Questions & answers: Phil Bernstein". En: *Metropolis magazine*, New York, 13 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.metropolismag.com/Point-of-View/February-2012/Q-A-Phil-Bernstein/> Última visita 01/03/2014.
- Teicholz, P. "Ph.D. Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies". En: *AECbytes Viewpoint*, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, #4, april 14, 2004.
- Tenkasi, R.; Boland, R. "Exploring Knowledge diversity in knowledge intensive firms: A new role for information systems". En: *Journal of Organizational Change Management*, 9(1), 1996, p. 79-91.
- Tornatzky, L.; Fleischer, M. *Without Knowledge, there is not technology. The Process of Technological Innovation*. New York, Lexington Books, 1990.
- Tornatzky, L.; Fleischer, M. *The Process of Technological Innovation*. Lanham, Lexington Books, 1990.

- Tzonis, A. "Aspects of Mechanization in design: the rise, evolution and impact of mechanics in architecture". En: *Publication Series in Architecture*, Department of Architecture, Graduate School of Design, Harvard University, n° 7909, 1980. Disponible en: <http://tzonis.com/publications/online-publications/1980-HPS-Aspects-of-Mechanization> Última visita: 01/03/2014.
- Tzonis, A; Lefaivre, L. "The question of autonomy in architecture". En: *Harvard Architectural Review*, n° 3, 1984.
- Venters, W. "Literature Review for C-Sand: Knowledge Management." London School of Economics, 2002, inédito. Disponible en: <http://eprints.lse.ac.uk/23272/> Última visita: 01/03/2014.
- Wenger, E.; McDermott, R.; Snyder, W. *Cultivating Communities of Practice*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2002.
- Weisberg, D. *The Engineering Design Revolution CAD History*. Merrill Series in Mechanical, Industrial, and Civil Technology, 2008, inédito. Gentileza Phillip Bernstein.
- Whiting, S. "Going Public". En: *Hunch* n° 6/7, 2003, Berlage Institute Report, p. 497-502.
- Wolf, G. "Exploring the Unmaterial World Contributing". En: *Wired* Digital, junio 2000, p. 1. Disponible en: <http://archive.wired.com/wired/archive/8.06/koolhaas.html> Última visita 01/03/2014.
- Yaneva, A. *Made by the Office of Metropolitan Architecture. An ethnography of design*. Netherlands, 010 Publishers, 2009.
- Zakon, R. *Hobbes's Internet Timeline. 1993-2011*. Disponible en: <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/> Última visita 01/03/2014.
- "Computers reach one billion mark". Gartner Dataquest, BBC News. 01/7/2002. Disponible en: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2077986.stm> Última visita 01/03/2014.
- "Construction and the Internet: New wiring". En: *The Economist*, New York, 13 de enero de 2000. Disponible en: <http://www.economist.com/node/273886> Última visita 01/03/2014.
- "Inside the Blackbox: SOM's Technological Trajectory". Disponible en: [www.somchina.cn/publication/inside-blackbox-soms-technological-trajectory](http://www.somchina.cn/publication/inside-blackbox-soms-technological-trajectory) Última visita 01/03/2014.
- Conferencia: "Future of Design". Michigan, 2009. Disponible en: <http://youtu.be/Txe4qiD-NxE> Última visita: 01/03/2014.
- Conferencia: "The Eclipse of Beauty: Parametric Beauty". Harvard University, 2011. Disponible en: <http://youtu.be/OxN4LWPlwX8> Última visita 01/03/2014.
- Simposio: "Is Drawing Dead?". Yale School of Architecture, 2012. Disponible en: <https://itunes.apple.com/us/itunes-u/is-drawing-dead-ysoa-symposium/id514592160> Última visita 01/03/2014.
- National Building Information Model Standard Project Committee. Disponible en: [www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1](http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1) Última visita 01/03/2014.
- Deamer, P. *The Changing Nature of Architectural Work*. Interview with Chris Hall. 2010.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al M.Arch Phillip Bernstein, director de esta tesis, por su amabilidad y constantes desafíos, y a la Dra. Arq. Cecilia Parera, codirectora por el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la paciencia y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Merece un reconocimiento especial el interés dispensado a este trabajo por parte de los docentes de la Maestría en Arquitectura y la Secretaría de Posgrado de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Nacional del Litoral.

Quisiera extender mi gratitud a:

Dr. Arq. Mauro Chiarella (director de beca de Maestría UNL 2010-2012). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Mis compañeros de la cátedra de Introducción a los Medios Digitales, principalmente a su titular Arq. Alfredo Stipech por su asesoramiento y apoyo constante durante diferentes proyectos de investigación que nutrieron a este trabajo de tesis.

El equipo de investigación proyectos CAI+D, Centro de Informática y Diseño. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

M.Arch James Agutter, Assistant Professor, College of Architecture and Planning, University of Utah, por su invaluable apoyo durante todos estos años.

También quiero hacer un agradecimiento muy especial a la comprensión y el ánimo recibidos de mis amigos. Al rugby en particular porque más allá de ser un deporte es una escuela de vida, que me inculcó la disciplina que me fue tan necesaria para enfrentar este desafío y me dio la constancia y firmeza para cumplir con el objetivo.

En especial a mis hijos Francisca (Panchi) y Tobías (Tobi) porque sin comprender lo que estaba haciendo, supieron entender adonde quería llegar.

A todos ellos, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Phil Bernstein. Yale School of Architecture, Yale University. Autodesk Inc.

Jim Agutter. School of Architecture, University of Utah.

Mauro Chiarella (director de beca de Maestría UNL 2010-2012). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Alfredo Stipech y colegas de la cátedra de Introducción a los Medios Digitales. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Equipo de investigación proyectos CAI+D, Centro de Informática y Diseño. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Litoral.

Docentes de la Maestría en Arquitectura, Secretaría de Posgrado. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Reconociendo la creciente complejidad del proceso involucrado entre la manifestación de las intenciones de diseño y la culminación de la construcción en la práctica profesional contemporánea en Santa Fe, en particular, y en Argentina, en general, la tesis propone como hipótesis que la incorporación de innovaciones en tecnología digital y del knowledge management en la toma de decisiones lograrán optimizar el desempeño de los arquitectos y viabilizar procesos transdisciplinarios y colectivos.

### Enfoque alternativo del Knowledge Management como Token en el marco de la Actor-Network Theory para la Arquitectura

