



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA CAMPO DE CONOCIMIENTO: DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Análisis crítico de la plataforma Building Information
Modeling
Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN ARQUITECTURA

PRESENTA:
IRMA LOZADA RINCÓN

TUTOR:
Mtro. Humberto Islas Ramos
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Cd. México, 28 de septiembre de 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA CAMPO DE CONOCIMIENTO: DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Análisis crítico de la plataforma Building Information
Modeling
Cómo potencializador en los proceso de diseño arquitectónico

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN ARQUITECTURA

PRESENTA:
IRMA LOZADA RINCÓN

Director de tesis
Mtro. Humberto Islas Ramos

Cd. México, 28 de septiembre 2018



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



AGRADECIMIENTOS

"Y si soñamos fue con realidades, pero para decirlo a veces faltan las palabras que expliquen por completo nuestras ideas. Para sentirlo basta ver hacia atrás cuando los días eran un nuevo reto y el llegar al final de la meta propuesta, parecía un sueño muy lejos de alcanzar."

Irma Lozada Rincón

Toda meta para ser alcanzada requiere de esfuerzo y dedicación, para que se refleje positivamente en un hecho material y para no claudicar es necesario un sin número de apoyos: morales, económicos, físicos e intelectuales.

El presente trabajo de tesis, es una más de las metas alcanzadas en mi vida y estas pequeñas líneas, son mi agradecimiento sincero, profundo e infinito hacia todas aquellas instituciones y personas que contribuyeron para transformar mi esfuerzo en una realidad. En primera instancia quiero agradecer a las instituciones que hicieron posible que me formara como maestra en arquitectura, en el campo de conocimiento de diseño.

A la máxima casa de estudios: UNAM

La cual me brindó la oportunidad de desarrollarme en el ámbito de la investigación, además de ampliar mi espectro académico y cultural.

A la Facultad de Estudios Superiores Aragón

Por darme la bienvenida y acogerme en sus instalaciones para cursar la Maestría en Arquitectura en el Campo de conocimiento de Diseño.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación de Arquitectura

Donde conocí a maestros y doctores de diferentes áreas del conocimiento, que desde muy variados estilos y enfoques, me enseñaron el valor, la importancia y la trascendencia de una investigación, quienes además me inculcaron que el mejor método a emplear, es aquel que al investigador le funciona para concretar sus inquietudes investigativas.

AI CONACyT

Por otorgarme el apoyo económico y técnico a lo largo mis estudios de maestría y en el desarrollo de mi investigación, los cuales fueron de enorme ayuda para concluir satisfactoriamente y obtener el grado de Maestra en Arquitectura.

“Tu verdad aumentará en la medida que sepas escuchar la verdad de los otros.”

Martin Luther King

A mi tutor:

Mtro. Humberto Islas Ramos

Mi profundo agradecimiento por aceptar la dirección de mi investigación a lo largo de dos años, por guiarme con respeto y con una infinita disposición. Externo mi admiración a su vasto conocimiento y entusiasmo para encausar mis inquietudes investigativas por un buen sendero. De igual manera, expreso mi eterna gratitud, por depositar en mí su confianza y por el apoyo que me brindó desde el inicio de la maestría.

A mi comité de titulación:

Mtro. Manuel Borja Vázquez

Mtro. Francisco Reyna Gómez

Mtra. Abril López Villeda

Mtro. Eduardo Velázquez Richards

Mi reconocimiento y respeto por contribuir significativamente en todo el proceso de la investigación. Gracias por todas las correcciones, sugerencias y planteamientos, sin los cuales no hubiera podido avanzar con firmeza en cada una de las etapas de este trabajo académico y en la obtención de los objetivos de mi investigación.

A todos los docentes de la maestría:

Quienes con sus valiosas aportaciones dentro y fuera del aula, apoyo incondicional a lo largo de la maestría e interés en el desarrollo del presente trabajo de tesis, hicieron posible llevar a buen término mi trabajo.

Al Arq. Alejandro Rivadeneyra Herrera y colaboradores:

Extiendo un especial agradecimiento por compartir su experiencia profesional en la transición de las herramientas tradicionales al empleo del BIM y aportar datos de gran valía a la investigación.

A la Mtra. Eriberta Mendiola Andrade:

Por brindarme la asesoría necesaria para estructurar formalmente todo mi trabajo, gracias mil por su buena disposición, profesionalismo y orientación.

DEDICATORIAS

“Demasiado a menudo subestimamos el poder de una caricia, una sonrisa, una palabra amable, un oído atento, un cumplido honesto o el más mínimo acto de cuidado, todos los cuales tienen el potencial de cambiar la vida.”

Leo Buscaglia

A Dios:

Por estar conmigo en cada paso que doy, colocando en mi camino a las personas que han sido soporte esencial en mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mi esposo, Amador Mendoza Pinto:

Con todo mi amor, respeto y cariño, por ser la persona que además de llenar de color y sentido mi mundo, es el sólido pilar que me ha impulsado a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida. A él quien que con su apoyo constante y amor incondicional, ha sido amigo y compañero inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.

A mi madre, Irma Rincón Rojas:

Por ser el cimiento fundamental en el que descansa todo lo que soy, por estar siempre presente a lo largo de mi formación tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo; pero sobre todo porque con su amor y enseñanza han sembrado en mí las virtudes que se necesitan para vivir con optimismo, anhelo y felicidad.

A la familia y amigos por su apoyo, confianza y cariño incondicional y a todos los que directa o indirectamente contribuyeron a lo largo de este proceso.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

Índice general



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS	IV
RESUMEN	V
ABSTRAC	VI
INTRODUCCIÓN	2

CAPÍTULO 1

De la génesis a la evolución del pensamiento

Procesos cognitivos enfocados al diseño

1.1 Génesis y evolución del pensamiento humano	13
1.1.1 Origen y soluciones primarias a problemas simples.....	23
1.1.2 Respuesta creativa a problemas complejos	29
1.1.3 Fases del proceso creativo	34
1.2 Proceso tradicional.....	40
1.2.1 Gestación de la idea primigenia.....	44
1.2.2 Comunicación y materialización de la idea arquitectónica.....	46
1.2.3 Qué tan cerca se llega del objetivo.....	52
1.3 Cambio de pensamiento.....	55
1.3.1 Caracterización del pensamiento hacia el diseño	56
1.3.2 Aceptación y/o rechazo de nuevas tecnologías en los procesos de pensamiento.....	62
1.3.3 Pensamiento complejo y la formulación de ideas arquitectónicas.....	68
1.4 Procesos cognitivos	70

CAPÍTULO 2

La plataforma BIM (trabajo colaborativo)

Procesos tecnológicos actuales para desarrollo de proyectos

2.1 ¿Qué es BIM?	80
2.1.1 Concepción general del concepto BIM	81
2.1.2 Debilidades y fortalezas de su aplicación en la fase inicial del proyecto.....	90
2.1.3 Potencialización de la idea inicial con el empleo de la plataforma BIM.....	96
2.1.4 ¿Qué tan cerca se está de la inteligencia artificial con el empleo de BIM?.....	103
2.2 Proceso de pensamiento con BIM	110
2.2.1 Surgimiento de la idea inicial	115
2.2.2 Comunicación y modelo virtual.....	118
2.2.3 Flexibilidad y manipulación para potencializar la solución.....	121
2.2.4 ¿Es posible alcanzar lo que se había formulado en la imaginación?.....	123

CAPÍTULO 3

Del pensamiento al papel - Del pensamiento a la plataforma BIM

Del hombre a la máquina

3.1 Materialización de una idea arquitectónica con las herramientas tradicionales.....	135
3.1.1 ¿Cuáles son las limitantes que tiene el proyectista?.....	142
3.2 Materialización de una idea arquitectónica con la plataforma BIM	147
3.2.1 ¿Cuáles son las limitantes que tiene el proyectista?	153
3.3 Transición del trazo a mano a los medios computacionales	159
3.3.1 Proceso de aceptación a un cambio de pensamiento	162

3.4 El nuevo paradigma del proceso de diseño	165
3.5 Comparación de procesos	171
3.6 Testimonios, cuestionarios, entrevista y mediciones.....	177

CAPÍTULO 4

Análisis

4.1 El empleo del BIM en etapas tempranas del diseño (México).....	186
4.2 El empleo de BIM ¿potencializa los procesos de diseño?	193
4.3 Ideario contemporáneo sobre las nuevas tecnologías aplicadas al diseño (BIM).....	205

CONCLUSIONES	212
--------------------	-----

ANEXOS

A. Formato de cuestionario.....	222
B. Entrevista (Taller Rivadenerira-Arquitectos)	224
C. Transcripción de entrevista	225
D. Diario de campo.....	228

GLOSARIO DE TÉRMINOS	234
----------------------------	-----

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS Y OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.....	242
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Primeras creaciones el hombre primitivo16

Figura N° 2. Evolución de la vivienda primitiva16

Figura N° 3. Infografía; la vida sedentaria17

Figura N° 4. Evolución de los medios de comunicación21

Figura N° 5. Principales técnicas de fabricación de herramientas de piedra24

Figura N° 6. Mapa conceptual: Del fuego a las máquinas complejas30

Figura N° 7. Disciplinas en las que interviene el diseño59

Figura N° 8. Edificio virtual79

Figura N° 9. Inicio de los Sistemas Generativos en arquitectura101

Figura N° 10. Madurez de los sistemas generativos en arquitectura102

Figura N° 11. Evolución herramienta-arquitectura-pensamiento en la línea de tiempo103

Figura N° 12. Inteligencia humana vs inteligencia artificial104

Figura N° 13. Ejemplificación de las etapas del diseño de un proyecto con BIM115

Figura N° 14. Generación de ideas sólo un paso del proceso de pensamiento creativo116

Figura N° 15. Diferente intencionalidad proyectual126

Figura N° 16. Restaurant de los Manantiales de Félix Candela, en Xochimilco127

Figura N° 17. Modelado digital de Paraboloide hiperbólico de doble curvatura127

Figura N° 18. Acceso principal a la Capilla Bosjes128

Figura N° 19. Vista lateral de la Capilla Bosjes128

Figura N° 20. Altar de la Capilla Bosjes129

Figura N° 21. Fachada posterior de la Capilla Bosjes129

Figura N° 22. Dibujo a mano vs dibujo digital135

Figura N° 23. Esquema de las fases generales del desarrollo mental en la infancia y en la pre-adolescencia138

Figura N° 24. Métodos mecánicos para dibujar una perspectiva, 1525140

Figura N° 25. Aportaciones de Brunelleschi y Da Vinci en el dibujo de la perspectiva140

Figura N° 26. Perspectiva a mano141

Figura N° 27. Materialización de una idea en papel143

Figura N° 28. Le Corbusier y sus colaboradores en taller 35 Rue de Sevres, 1924144

Figura N° 29. Dibujos originales de la Opera House de Sydney145

Figura N° 30. Proceso con herramientas tradicionales y con CAD147

Figura N° 31. Proceso de diseño con BIM150

Figura N° 32. Proceso de trabajo en 3D con la plataforma BIM152

Figura N° 33. Sistema de trabajo colaborativo con BIM154

<i>Figura N° 34.</i> Texturas paramétricas	157
<i>Figura N° 35.</i> Arquitectura paramétrica	157
<i>Figura N° 36.</i> Proyectos del arquitecto Norman Foster	158
<i>Figura N° 37.</i> Ejemplos de arquitectura generativa	159
<i>Figura N° 38.</i> Infografía: Del mundo de las ideas al medio para concretarlas	161
<i>Figura N° 39.</i> Opciones para la selección de un tipo de puerta.....	168
<i>Figura N° 40.</i> Del boceto digital a la realidad del objeto arquitectónico que se obtiene	169
<i>Figura N° 41.</i> Imágenes que demuestran las diferencias entre procesos de diseño	172
<i>Figura N° 42.</i> Contexto del CAD en 2008	174
<i>Figura N° 43.</i> Ventajas de BIM.....	175
<i>Figura N° 44.</i> Inconvenientes de BIM.....	176
<i>Figura N° 45.</i> Proyectos con herramientas tradicionales, CAD y BIM.....	177
<i>Figura N° 46.</i> Ideas de los estudiantes de arquitectura sobre usos del BIM	179
<i>Figura N° 47.</i> Experiencia del estudiante con BIM en el proceso de diseño.....	179
<i>Figura N° 48.</i> Aplicación que los profesionistas le dan a la plataforma BIM	180
<i>Figura N° 49.</i> Softwares que comúnmente emplean los profesionistas	180
<i>Figura N° 50.</i> Beneficios vs inconvenientes en la opinión de profesionistas	180
<i>Figura N° 51.</i> Usos de BIM	189
<i>Figura N° 52.</i> Nivel de beneficio del uso de BIM	191
<i>Figura N° 53.</i> Comparación entre el proceso de diseño tradicional y el proceso con un protocolo de comunicación para promover la implementación del TVD	192
<i>Figura N° 54.</i> Capilla abierta en Lomas de Cuernavaca Morelos 1958-1959	194
<i>Figura N° 55.</i> Geometría y trazos base	195
<i>Figura N° 56.</i> Exploración de textura	195
<i>Figura N° 57.</i> Modificación de parámetros	196
<i>Figura N° 58.</i> Análisis de asoleamiento.....	197
<i>Figura N° 59.</i> EJERCICIO 1. Exploración de modelo virtual con dos variables.....	198
<i>Figura N° 60.</i> King's Cross Station, Londres, Inglaterra (2012)	200
<i>Figura N° 61.</i> Geometría y trazos base	201
<i>Figura N° 62.</i> Efectos de luz y sombra.....	202
<i>Figura N° 63.</i> EJERCICIO 2. Exploración de modelo virtual con dos variables.....	203
<i>Figura N° 64.</i> Relación escala humana-objeto.....	205
<i>Figura N° 65.</i> Gráfica de porcentajes por ámbito de las opiniones registradas en el Diario de campo, sobre la concepción de BIM	210
<i>Figura N° 66.</i> Gráfica de tendencia positiva o negativa de opiniones registradas en el Diario de campo, sobre la concepción de BIM	210
<i>Figura N° 67.</i> Instrumento de medición, aplicado a estudiantes de Arquitectura del 7° semestre	223



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1.</i> Necesidades fundamentales del hombre	19
<i>Tabla N° 2.</i> Fases del proceso Creativo (Wallas Graham).....	37
<i>Tabla N° 3.</i> Fases del proceso Creativo (Koestler. Arthur).....	38
<i>Tabla N° 4.</i> Teorías que explican el desarrollo cognitivo (Piaget-Vygosky)	74
<i>Tabla N° 5.</i> Discrepancias entre los planteamiento de Piaget y Vygosky	75
<i>Tabla N° 6.</i> Comparación entre multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario	85
<i>Tabla N° 7.</i> Inversión que implica la implementación de BIM en un despacho de arquitectos. CAPACITACIÓN.....	94
<i>Tabla N° 8.</i> Inversión que implica la implementación de BIM en un despacho de arquitectos. EQUIPO, SOFTWARES Y PLUGIN.....	95
<i>Tabla N° 9.</i> Implicaciones del término representación	137
<i>Tabla N° 10.</i> Características de un nuevo paradigma	170
<i>Tabla N° 11.</i> Tabla comparativa de procesos	173
<i>Tabla N° 12.</i> Clasificación de opiniones sobre BIM registradas en el Diario de campo	209
<i>Tabla N° 13.</i> Comparativa del empleo de BIM por estudiantes de educación superior	224
<i>Tabla N° 14.</i> 1 ^{er} PARTE Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra Arquitectos (2018)	226
<i>Tabla N° 15.</i> 2a PARTE Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra (2018).....	227
<i>Tabla N° 16.</i> 3a PARTE Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra (2018).....	228
<i>Tabla N° 17.</i> Diario de campo sobre concepción de BIM periodo 2017-1	229
<i>Tabla N° 18.</i> Diario de campo sobre concepción de BIM periodo 2017-2	230
<i>Tabla N° 19.</i> Diario de campo sobre concepción de BIM periodo 2018-1	231
<i>Tabla N° 20.</i> Diario de campo sobre concepción de BIM periodo 2018-2	232

LISTA DE ABREVIATURAS

- AEC-** Architecture, Engineering and Construction, (Arquitectura, ingeniería y construcción)
- AECOM-** Asociación de Empresas de la Construcción de Madrid.
- AIA-** American Institute of Architects. Asociación de arquitectos de los Estados Unidos, su gran aportación al BIM reside en la definición de los niveles de desarrollo (LOD) para sistematizar y unificar el grado de fiabilidad de la información contenida en un modelo BIM
- ARPU-** Empresa cuya sede se encuentra en Londres, Reino Unido. Fundada en 1946 por el ingeniero Ove Nyquist Arup. Ofrece servicios profesionales de ingeniería, diseño, planificación, gestión de proyectos y servicios. Tiene presencia en América, Oceanía, Asia Oriental, Europa, Oriente Medio y África. Con proyectos en 160 países.
- BIM-** Building Information Modeling. De acuerdo con Autodesk, Inc. (2001) consultado el 12 de febrero de 2015, su traducción al español, se asume como Modelado de información para la edificación.
- CAD-** Computer Aided Design.
- CSCAE-** Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en España.
- 2D-** Bidimensional, dos dimensiones.
- 3D-** Tridimensional, tercera dimensión.
- LOD-** Las siglas corresponden a las iniciales de Level of Development o Nivel de Desarrollo un término acuñado por el Instituto Americano de Arquitectura (AIA o American Institute of Architects) durante el BIMForum de 2011. Resumiendo, LOD podría definirse como una escala que informa hasta qué punto se ha desarrollado un elemento del modelo (geometría + información) Disponible en: <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/> Consultado el 9 de febrero de 2018.
- RAE-** Real Academia Española, diccionario de lengua española 2017. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=LqtyoaQ> Consultado en el periodo de 2017 a 2018.
- SIG-** Sistema de información geográfica.
- TIC's-** Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- TVD-** Target Value Design
- VRML-** Virtual Reality Modeling Lenguaje.

RESUMEN

El tema se centra en una aproximación al proceso evolutivo que ha tenido el pensamiento desde el hombre primitivo hasta la época actual en arquitectura. Siendo en esta última etapa, donde se presenta la interrogante que da origen a la inquietud investigativa, consistente en indagar si el arquitecto restringe o potencializa –en su primer acercamiento al proyecto–, la idea primigenia de diseño; considerando como parámetros en esta fase temprana del desarrollo del proyecto arquitectónico, los instrumentos empleados para ese propósito. Acción en donde quedan polarizados y confrontados los procesos realizados con instrumentos de representación tradicional y los que ofrece hoy el avance tecnológico, en este caso, el estudio de la plataforma Building Information Modeling (BIM). Considerando en ese trayecto la tecnología: Computer-Aided Design (CAD) como parte aguas del fenómeno.

V El desarrollo de la investigación, transitará dentro de una estructura diacrónica, donde se realizarán grandes saltos en la línea de tiempo, con la intención de ponderar y contar con antecedentes básicos de una manera ordenada, para valorar y analizar la forma en que el individuo de diferentes momentos históricos ha canalizado –hasta la fecha– su imaginación, adoptando un cambio de pensamiento y rompiendo paradigmas, para generar objetos, teorías, acciones y espacios, que solucionan sus necesidades, entendidas estas como un estado inherente al ser humano que constituye el principal motor –desde el origen del hombre– para adoptar una aptitud, actitud y esgrimir necesidades para emitir respuestas asertivas; proceso que coloca al diseño como interfaz.

En ese sentido, la investigación no busca una conclusión, lo que persigue es llegar a una reflexión epistemológica sobre las repercusiones y el impacto que tiene el modelado de información (BIM) y el trabajo colaborativo, directamente en el arquitecto diseñador, como parte de un proceso evolutivo.

Palabras Clave: arquitectura, proceso creativo, proceso evolutivo, cambio de pensamiento, metamorfosis de idea primigenia, tecnología, BIM

ABSTRAC

The subject focuses on an approach to the evolutionary process that architectural thought has had from the Primitive Era to the present day. It is in this last stage where the main question of this research arises: to investigate whether architects restrict or potentiate—in their first approach to the project—the original design idea considering the instruments for this purpose as parameters in this early development stage of the architectural project. An action that polarizes and confronts the processes carried out with traditional representation instruments and those offered by technological progress, in this case the study of the Building Information Modeling (BIM) platform. Throughout this work, Computer-Aided Design (CAD) technology is considered as a milestone of the phenomenon.

This research will be developed through a diachronic structure, where big jumps in the timeline will be made to weigh and get a basic ordered background. By doing this, the way in which the individual from different historical moments has channeled their imagination so far will be assessed and analyzed. The research will also show how, by adopting a change of thought and breaking paradigms, objects, theories, actions and spaces that solved their needs were created. All of this should be understood as an inherent state of human beings, which constitutes the main driver (from the origin of humankind) to adopt a skill, attitude and arguing the needs to give assertive responses: a process that places design as an interface.

In this sense, the research does not look for a conclusion. Instead, it seeks to reach an epistemological reflection on the direct consequences and impact that information modelling (BIM) and collaborative work have on the designer/architect, as part of an evolutionary process.

Key words: architecture, creative process, evolutionary process, change in thinking, transformation of the original idea, technology, BIM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

Introducción

INTRODUCCIÓN

La actividad central del arquitecto es diseñar espacios habitables que habrán de construirse bajo la premisa de satisfacer las necesidades esenciales del hombre inherentes a la arquitectura; lo cual le confiere una gran importancia por el sentido de trascendencia que puede alcanzar una obra arquitectónica edificada al paso del tiempo, ya que esta podría convertirse en digna representante de un momento histórico, ideológico y tecnológico, marcar una tendencia como producto de la sociedad que la generó y ser la muestra palpable de su pensamiento.

Por lo tanto, en el objeto construido se refleja el comportamiento social de una época, su grado de desarrollo y además constituye un testigo fiel del avance tecnológico, que no sólo se centra en su construcción o en los materiales empleados; también repercute en los procesos del pensamiento humano y de sus estrategias de trabajo.

Desde el momento mismo de la concepción de la arquitectura y la formulación de la idea primigenia del diseñador, las herramientas tecnológicas y metodológicas empleadas para su confección tienen fuerte incidencia, por lo que en la actualidad cobran gran relevancia al favorecer múltiples cambios que apuntan en diferentes direcciones, que van desde la posibilidad de lograr resultados muy cercanos a las ideas que el arquitecto concibe en su cerebro y formular procesos mentales diferentes para tomar decisiones, hasta propiciar el cambio de pensamiento que se promueve en la actualidad ante el binomio arquitecto-computadora.

Derivado de ello, el presente documento emana de la inquietud por valorar los procesos cognitivos enfocados al diseño, desde su gestación en la fase inicial del proceso proyectual y cómo han evolucionado. Primordialmente la

investigación se enfoca en realizar un análisis crítico del empleo de las herramientas tecnológicas actuales, para lo cual la plataforma Building Information Modeling (BIM) constituye el estudio de caso.

Como definición se puede precisar que BIM, es una plataforma que conduce al desarrollo de procesos colaborativos de trabajo, para la obtención de modelos virtuales inteligentes que contienen información para apoyar las decisiones desde el inicio del diseño arquitectónico, durante la construcción y en todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que implica la integración y gestión de información en diversos formatos, disponible en tiempo real para diferentes actores que participan en el proyecto.

Es pertinente señalar que en este caso se persigue obtener un planteamiento epistemológico en donde se pueda reconocer la capacidad emergente de la plataforma BIM dentro de los contextos del diseño, entendida esta no como un producto, software o programa que está vigente, es decir, no como el recurso utilitario de aquel conocimiento o destreza que se adquiere a partir de la fase técnica que podría fácilmente realizar un operador de la plataforma a nivel técnico, sino como la plataforma que conduce al trabajo colaborativo y faculta al arquitecto para alcanzar propuestas que no serían viables sin el empleo este instrumento.

Lo anterior conduce a pensar en el BIM, como el medio que otorga al pensamiento del diseñador una nueva dinámica de procesos y aproximación para resolución de necesidades, para hacer que su forma de pensar se transforme. Cabe precisar que el diseñador se entiende como el arquitecto con rigurosa formación universitaria, con el dominio de todo el bagaje concerniente a su quehacer y con la experiencia profesional suficiente para la realización de un objeto arquitectónico de trascendencia.

Considerando lo antes descrito, esta investigación transita entre dos aspectos fundamentales, en primera instancia, sitúa el desarrollo de la investigación dentro de una estructura diacrónica, donde se realizan grandes saltos en la línea de tiempo, con la intención de contar con los antecedentes básicos que de manera ordenada, aproximen al entendimiento del proceso evolutivo que ha tenido el pensamiento del diseñador y las soluciones inherentes a la arquitectura desde el hombre primitivo hasta el hombre de la época actual.

Siendo en este último escenario donde se presenta la interrogante que da origen a la inquietud investigativa, consistente en indagar si el arquitecto restringe o potencializa –en su primer acercamiento al proyecto–, la idea original de diseño; considerando como parámetros en esta fase temprana del desarrollo del diseño arquitectónico, los instrumentos empleados para ese fin.

En segunda instancia y tomado en cuenta la tecnología, quedan polarizados y confrontados los procesos realizados con instrumentos de representación tradicional y los que ofrece en la actualidad el avance tecnológico, que para este estudio es la plataforma BIM; lo que coloca a la tecnología Computer-Aided Design (CAD) como parte aguas de ese trayecto.

En estos dos ejes rectores de la investigación, se realizará un análisis crítico entendido esto como la evaluación que permite formar una idea sobre la manera en que el individuo de diferentes momentos históricos hasta la fecha, ha canalizado su imaginación fortalecida y nutrida de los conocimientos que adquiere paulatinamente, para mutar su postura hacia un cambio de pensamiento y el rompimiento de los paradigmas establecidos.

Lo anterior invariablemente ha conducido a lo largo de la historia a la generación de objetos, teorías, acciones y a la creación de espacios, que solucionan las necesidades del hombre, procesos que son inherentes al ser humano y que constituyen el principal motor –desde el origen del hombre– para adoptar una actitud y desarrollar una aptitud, que le han permitido emitir en cada situación la respuesta a cada necesidad; procedimiento que en arquitectura, coloca a la etapa de diseño arquitectónico como interfaz.

Cabe destacar que en la generación de la arquitectura participan la ciencia y la tecnología, así como las artes, por tanto no es posible estudiarla o ejercerla unilateralmente, es decir, sólo como ciencia atendiendo enfáticamente aspectos referentes a las ingenierías, donde se deja en el olvido que la arquitectura, en la etapa temprana de su concepción está ligada a procesos complejos en donde tiene presencia un detonante creativo vinculado a los conocimientos que otorga la formación del arquitecto y que le dan fundamentos sólidos para poder concretar el resultado final que es el objeto arquitectónico.

5

No obstante, tampoco se puede sublimar a la arquitectura únicamente bajo un enfoque artístico para fungir como objeto escultórico, en ese sentido, no es posible abocarse sólo a lo cualitativo, cuando la arquitectura debe tener un fin utilitario, funcional pero sobre todo cumplir con la tarea de ser habitable.

La intencionalidad de abordar el tema, se justifica desde el momento en que se pretende abordar una temática que ha sido poco tratada desde el enfoque de análisis crítico, donde la premisa es no buscar emitir juicios ni hacer una apología de la tecnología y el diseño, sino más bien ofrecer en paralelo, un punto de partida para comprender al ser humano y la evolución su pensamiento como un proceso natural, a partir de la transformación de su medio, donde es el mismo medio que le ha condicionado.

Es importante aclarar que el propósito de la investigación en ningún pretende enaltecer a la plataforma BIM como la panacea tecnológica que permite mágicamente una arquitectura excepcional, porque los resultados se obtiene a partir del cerebro de quien emplea inteligente y hábilmente esta herramienta, por tanto, no se desdeña la capacidad, formación, criterio y experiencia del ente pensante –arquitecto- quien opera y aplica la tecnología contemporánea en la creación de una propuesta arquitectónica.

En esa línea de pensamiento, para efectos de este estudio, prevalece una búsqueda que va por la vía de entender el equilibrio que existe en el binomio hombre-máquina, vínculo en el que uno depende del otro para que conjuntamente se llegue a un resultado plausible. Asimismo, la pretensión se perfila a entender como este fenómeno se puede observar de manera menos parcializada y referida a los procesos de trabajo colaborativo que impacta en el pensar tradicional para migrar a nuevas posturas ante los desafíos actuales.

En ese tenor se establece como objetivo general de esta investigación, *realizar un Análisis Crítico de la Plataforma BIM, cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico*. Con la intencionalidad de alcanzar el propósito antes detallado, en el desarrollo de este trabajo se habrán de concretar los objetivos particulares que a continuación se manifiestan para llevar a buen término la investigación:

1. Identificar la evolución de los proceso cognitivos a partir del empleo de la tecnología enfocados al diseño.
2. Comprender a través de un recorrido diacrónico, la evolución de la triada diseñador-pensamiento-tecnología, como un proceso natural que da como resultado la transformación del medio.
3. Identificar la concepción contemporánea que se tiene en el gremio de arquitectos, de las nuevas tecnologías aplicadas al diseño

4. Exponer las fortalezas de plataforma BIM y su participación en el cambio de pensamiento.
5. Analizar la plataforma BIM como una herramienta que faculta el trabajo colaborativo.
6. Demostrar si la plataforma potencializa el pensamiento del diseñador en la fase temprana del proceso del diseño arquitectónico.
7. Exponer el presente estudio como un punto de partida para la interpretación, análisis y disertación de la temática aquí tratada.

A manera de hipótesis sobre esta investigación, se plantea que si se analizan de manera crítica la plataforma Building Information Modeling (BIM), se podrá determinar qué tanto, ésta, se puede asumir cómo potencializadora de los procesos de diseño arquitectónico, así como la necesidad de su incorporación en etapas tempranas del desarrollo del proyecto y la forma que su empleo impacta en la manera de trabajo que demanda la dinámica actual.

7

El presente documento se ha estructurado en cuatro capítulos: en el Capítulo 1. *De la génesis a la evolución del pensamiento*, se abordan los fundamentos teóricos en los que se sustenta la evolución de los procesos cognitivos enfocados al diseño arquitectónico. Para este propósito, se realizó un recorrido cronológico desde el origen del hombre, abordando cómo se gesta una idea inicial, todo lo que implica la solución de una necesidad y cómo se llega a determinar su respuesta, de igual forma se busca el acercamiento al entendimiento de cómo este proceso se va complejizando y se llega a cuestiones emergentes.

En el Capítulo 2, denominado *La plataforma BIM*, en primera instancia se manifiesta lo que implica el trabajo colaborativo que se detona con esta herramienta tecnológica, alejándose de la idea del término denominativo que caduca invariablemente con el paso del tiempo, es decir, que se

plantea la concepción real, estableciendo las debilidades y fortalezas de su aplicación en el proceso proyectual, además de esbozar la proximidad a la que se está de la inteligencia artificial por la inmediatez con la que se logran resultados en la interacción hombre-máquina.

En un segundo momento de este mismo capítulo, será considerado el proceso de pensamiento que se deriva del empleo de la plataforma BIM, lo cual tiene su origen con el surgimiento de la idea inicial, entendiendo la etapa de comunicación y modelo virtual, hasta llegar a la manipulación de datos y su flexibilidad para alcanzar a una potencial solución, con el propósito de detectar que tanto se llega a lo inicialmente formulado en el cerebro -en el mundo de las ideas- en el resultado final.

Compete al Capítulo 3. *Del pensamiento al papel – Del pensamiento a la plataforma BIM*, manifestar la relación que se detona entre el hombre y la máquina, en una comparativa que ofrecerá el panorama del general que tiene un proyectista con el empleo de herramientas tradicionales y la plataforma BIM, proceso en el que se identifican las limitantes en ambos escenarios, así como la confrontación entre idea y solución.

Asimismo, se aborda el salto cuántico que implicó ir del trazo a mano a los medios computacionales que hoy se tienen. El proceso de aceptación de un nuevo paradigma y el cambio de pensamiento se hacen evidentes mediante la comparación entre los procesos que se realizaban antes de la era digital y de la concepción contemporánea en el gremio de arquitectos de las nuevas tecnologías aplicadas al diseño arquitectónico -en este caso la Plataforma BIM- a través de un diario de campo, testimonios, y/o encuestas.

En el Capítulo 4, titulado *Análisis*, se pondera el empleo de BIM en etapas tempranas del proceso de diseño arquitectónico y se determina quiénes y cómo la emplean, así como la identificación de los beneficios y debilidades

de su aplicación. Cabe señalar que este segmento, se deja abierto la interpretación que el gremio involucrado en el quehacer arquitectónico quiera adoptar de la investigación.

Al final, se presentan las conclusiones, donde se enfatiza el alcance de los objetivos, aclarando que la misma evolución y crecimiento rizomático que manifiesta el fenómeno BIM, no permite visualizar con certeza hasta donde llegará en un futuro, por tanto, más que una conclusión que marca un término y cierre del tema, es una puerta que se abre para dar pauta a la disertación y perfilar posibles líneas de investigación que se deriven de esta investigación. En este apartado también se emiten las recomendaciones que van dirigidas a quienes tengan interés en el enfoque planteado en el documento y/o tengan intención de abordar temáticas semejantes o bien quiera dar continuidad y proponer algo adicional a la postura aquí expuesta por la investigadora.

Para cerrar el informe de investigación, se incluyen los anexos que aportan información complementaria de todo el proceso. De igual forma, son integradas las referencias bibliográficas y otras fuentes de información, que hicieron posible normar los criterios para lo propuesto en el trabajo y concretar el desarrollo integral de la investigación.

Del presente documento de investigación, se espera obtener resultados favorables que propicien el entendimiento de la temática delineada de forma diacrónica, dentro de un espectro más amplio y no de la manera parcializada en que se le concibe y que simultáneamente, detone la inquietud por profundizar e interpretar lo expuesto. Y asimismo, se despierte el interés y se deriven otros estudios, sin olvidar que esta propuesta puede servir como línea de investigación de futuras generaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

CAPÍTULO

1

De la génesis a la evolución del pensamiento.

Procesos cognitivos enfocados al diseño.

En este, Capítulo 1. *De la génesis a la evolución del pensamiento*, han sido abordados los fundamentos teóricos que sustentan la evolución de los procesos cognitivos enfocados al diseño arquitectónico.

Con esta intencionalidad, se da inicio a un recorrido diacrónico que a grandes pasos, permite aproximarse de manera ordenada, a la forma en que el hombre primitivo adquiere conocimiento mediante el proceso de ensayo y error que inicia con la formulación de una idea detonada por la búsqueda de la solución a una necesidad, asimismo, este recorrido consiente un acercamiento a la manera en que se llega a determinar una respuesta.

De igual forma se busca la proximidad al entendimiento de cómo este proceso cognitivo se va complejizando a lo largo de la historia de la humanidad hasta llegar a planteamientos que demandan de soluciones simples que emergen de escenarios no imaginados y que ha llevado al hombre a alcanzar los niveles de tecnología que hoy se tienen en todos las áreas del conocimiento, donde las disciplinas científicas demanda un nuevo tipo de racionalidad que oriente la investigación.

En el caso de la arquitectura, evidentemente las plataformas digitales que hoy existen, otorgan al arquitecto una manera muy distinta de dar respuesta a problemas de diseño, y aquí los procesos cognitivos indiscutiblemente son distintos a los que se realizaban con métodos tradicionales, por lo que el cambio de pensamiento en esta disciplina parece ser el paso que falta para concretar la implementación de la plataforma BIM, motivo de esta investigación.

1.1 Génesis y evolución del pensamiento.

Cuando se reflexiona –con asombro– en pleno siglo XXI, sobre todo lo que el hombre ha sido capaz de crear a lo largo de su existencia, surgen múltiples interrogantes que versan en indagar lo que propició la primera inquietud para que el hombre creara algo y la relación que esto guarda con la evolución de la inteligencia humana, ya que en el origen del hombre se entrelaza la necesidad con la capacidad creadora, ubicando al diseño como interfaz¹ para detonar soluciones que propician paulatinamente mejores condiciones.

El hombre y su proceso evolutivo de pensamiento, ha sido estudiado a lo largo de la historia desde diversas áreas del conocimiento y distintas perspectivas. En ese sentido, la antropología puede ser contemplada como la disciplina que más se ha aproximado a esto, no obstante, desde el enfoque de los antropólogos, el estudio de la naturaleza humana, difícilmente se aborda dentro del vasto espectro que abarca, al respecto Enrique Serrano puntualiza que:

“...los antropólogos muchas veces usamos y hablamos indistintamente del “hombre”, del “fenómeno humano” o de la naturaleza humana”, sin considerar los contenidos, las cualidades y los presupuestos arqueológicos desde una perspectiva foucaultiana, presentes en cada uno de ellos y en los contextos de la episteme² occidental” (Serrano, 1999, p. 77)

¹ Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes, se ha adaptado al español en la forma interfaz. Concepto entendido como la zona de comunicación o acción de un sistema sobre otro. Disponible en <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?key=interfaz>. Consultado el 15 de agosto 2016.

² Saber construido metodológica y racionalmente, en oposición a opiniones que carecen de fundamento. Disponible en <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=episteme>. Consultado el 14 de febrero de 2016

De ello se desprende que la complejidad y contradicción actual, deje de ser entendida con una visión limitada, es imperante abrirse para entender al hombre en toda su extensión y visualizar que ha sido capaz de llegar hasta donde se encuentra hoy, precisamente por la superación de sus errores.

Otra gran cantidad de cuestionamientos de la misma índole, hoy incitan a especular sobre los criterios que condujeron al hombre primitivo a imaginar soluciones, para concretarlas más tarde, intrínsecamente dentro del laborioso proceso de ensayo y error -método heurístico³-, empleado hasta la actualidad en muchos procesos para la obtención de conocimiento tanto proposicional⁴ como procedural⁵.

Finalmente, cuando el hombre fue capaz de crear algo para mejorar su existencia en el mundo, llámese la primera flecha, lanza, (Ver Figura N° 1) o morada artificial (Ver Figura N° 2), de manera simultánea también logró proyectar y emitir esa respuesta a sus congéneres, quienes seguramente la imitaron múltiples ocasiones, repitiendo su elaboración hasta mejorar y perfeccionar la técnica y por ende obtener la mejoría del prototipo originalmente creado.

Es en esta búsqueda de originalidad y eficiencia, donde invariablemente surge la innovación, proceso que hasta la actualidad continúa sin cesar y que constituye un embudo o filtro en el desarrollo de nuevos productos que el hombre crea para su beneficio.

³ Término entendido como la disciplina, el arte o la ciencia del descubrimiento. Disponible en <https://www.significados.com/heuristica/> Consultado el 17 de marzo de 2016

⁴ En filosofía y lógica, el término "proposición", se usa para referirse entre otras acepciones a: Las entidades portadoras de los valores de verdad. McGrath, Matthew. «Propositions». En Edward N. Zalta. Stanford Encyclopedia of Philosophy (en inglés) (Fall 2008 Edition edición). Consultado el 6 de noviembre de 2009

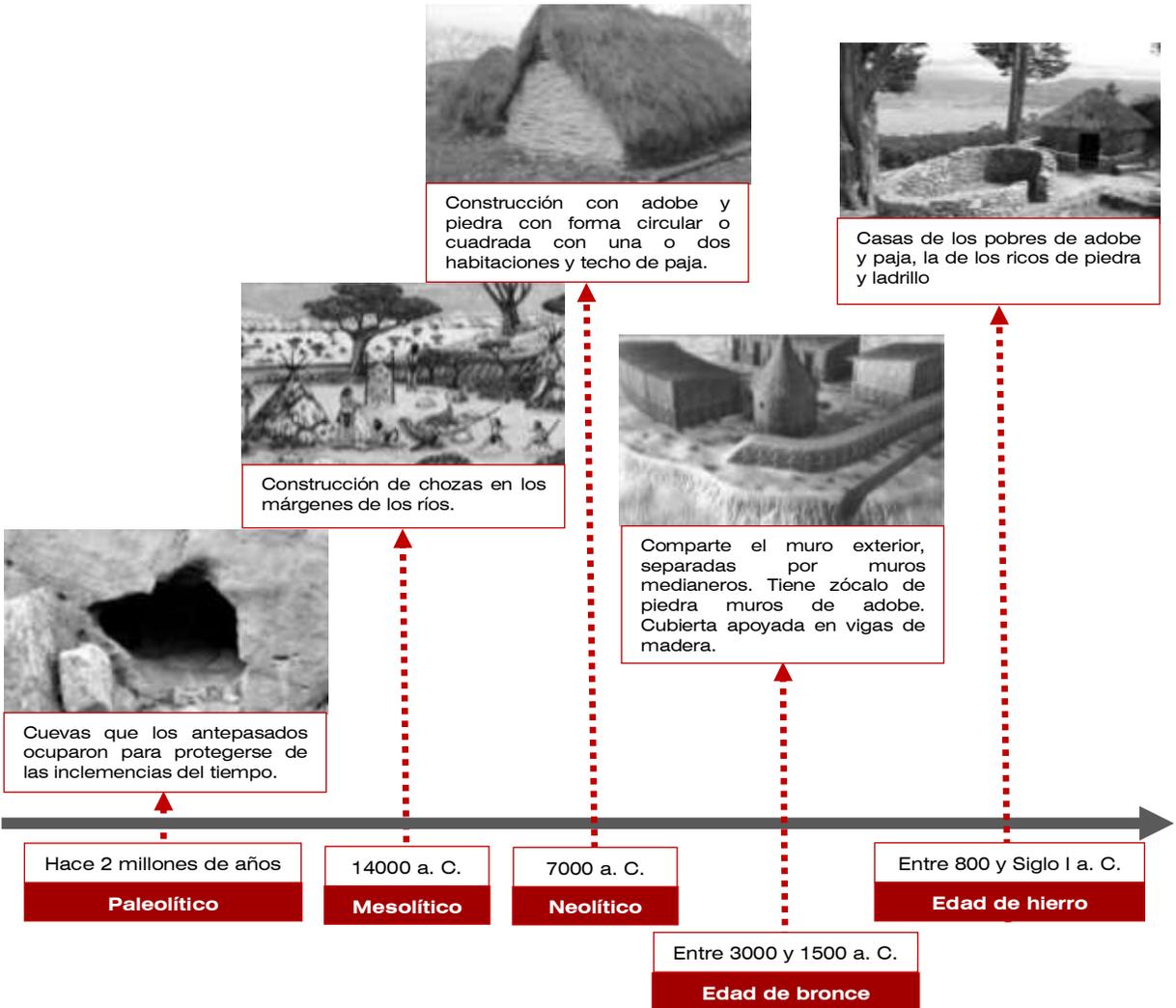
⁵ Metodología que hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica. Disponible en <http://es.gdict.org/definicion.php?palabra=procedural> Consultado el 14 de febrero de 2017

Figura N° 1. Primeras creaciones del hombre primitivo.



Fuente: Colección Métraux. Museo Americano de Historia Natural. Disponible en <http://www.portalguarani.com/userfiles/images.jpg> Consultado el 2 de marzo de 2018

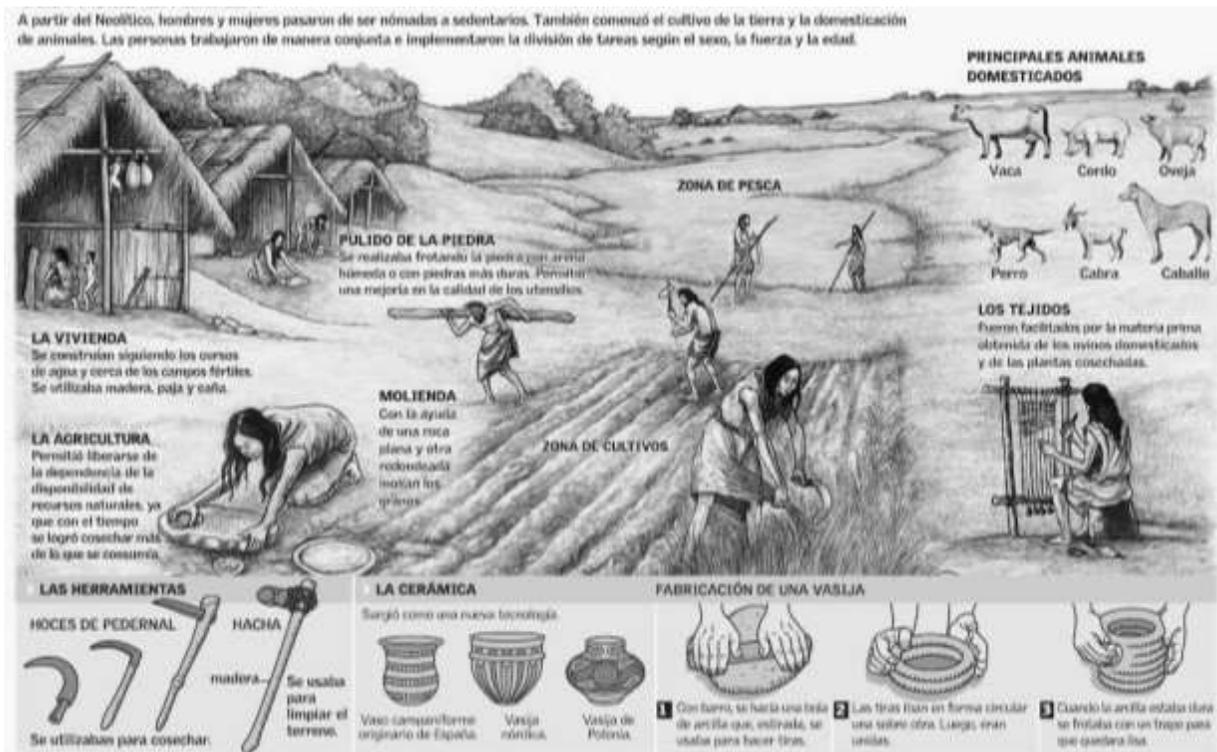
Figura N° 2. Evolución de la vivienda primitiva.



Fuente: Estructurada por la autora a partir del material disponible en: <https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-de-la-vivienda>. Consultado el 8 de marzo 2018

En paralelo, se desencadena la búsqueda del hombre por respuestas a fenómenos naturales y se concatena con la actividad intelectual que conlleva a la humanidad a buscar otros satisfactores, gestando así procesos más elaborados que van desde la agricultura, la caza, la pesca, hasta llegar a la construcción (Ver Figura N° 3). Todas estas acciones consolidan los asentamientos humanos que más tarde se convertirán en las civilizaciones antiguas que aún son el referente de muchas disciplinas, como es el caso de la arquitectura.

Figura N° 3. Infografía: La vida sedentaria.



Fuente: La prehistoria. Disponible en <http://historiaybiografias.com/neolitico/>
Consultado el 6 de marzo de 2018

El origen del intrincado pensamiento humano y la capacidad creadora del individuo, conduce a callejones sin salida que sólo permiten concebirlas como un mecanismo automático del cerebro para poder realizar procesos directamente vinculados con la realidad, por lo que aún se siguen estudiando desde muy diversas áreas del conocimiento.

No obstante, se puede precisar que el pensamiento es la actividad, imaginación y creación que emana del cerebro. El pensamiento humano es traído a la existencia mediante la actividad denominada intelecto, donde es posible generar actividades racionales de la inteligencia o las abstracciones de la imaginación, por lo tanto, en todo lo que implica la naturaleza mental se contempla como pensamiento. En ese sentido, el proceso cognitivo⁶ concede al individuo la habilidad de asimilar la realidad, procesando situaciones y datos que le permiten valorar y sistematizar la información a la que tiene acceso mediante la observación y esta a su vez lo dota de experiencia.

A manera de síntesis de lo descrito en los párrafos precedentes, para Cruz (1969), la inteligencia humana integra tres componentes fundamentales:

“1º la inteligencia creadora, capaz de aumentar los conocimientos a partir de las representaciones; 2º la inteligencia reproductora, que adquiere y utiliza los datos de las representaciones, y 3º la inteligencia práctica o capacidad de aplicar los conocimientos a situaciones determinadas”. Cruz citado por Blanco Menéndez (2011, p. 153)

En un acercamiento a los procesos de pensamiento, es posible vislumbrar, cómo la inteligencia ha acompañado al hombre a lo largo de su existencia en búsquedas, descubrimientos y realizaciones, además de ser la vía que permite al ser humano, tener ideas que lo conducen a la obtención de soluciones en su exploración por dar respuesta a todas y a cada de sus necesidades⁷.

⁶ Capacidad de los seres vivos para elaborar información que se procesa a partir de la percepción por parte de los sentidos, la experiencia y subjetividad desde la que se califica la información. Disponible en <http://quesignificado.com/cognitivo/> Consultado el 28 de enero 2017

⁷ Concepto de necesidad tiene la siguientes acepciones: 1. Impulso irresistible que hace que las causas obren infaliblemente en ciertos sentidos, 2. Todo aquello a lo cual es imposible sustraerse faltar o resistir. 3. Carencia de las cosas que son menester para la conservación de la vida. Consultado en Diccionario de la lengua española, vigésima primera edición. 1992, p. 1431. Tomo II
* De la interpretación de lo señalado por el diccionario de la lengua española se evidencia, que el concepto de necesidad abarca la falta o carencia de necesidades básicas que son fundamentales en el individuo.

Aquí vale la pena abrir un paréntesis para precisar que cuándo se hace referencia al término: “necesidades humanas”, existen múltiples criterios, y las ciencias sociales ofrecen en este sentido una extensa y diversa literatura, por lo que resulta difícil establecer categorías.

No obstante, aparecen claramente definidas dos posturas, por un lado los defensores de que las necesidades fundamentales son pocas, finitas, clasificables (Ver Tabla N° 1) y que son las mismas para todas las civilizaciones y para todos los etapas históricas.

Tabla N° 1. Necesidades fundamentales del hombre.

NECESIDADES HUMANAS BÁSICAS		
1	Subsistencia	Salud (física, mental, higiene), alimentación, etc.
2	Protección	Sistema de seguridad y prevención, vivienda, etc.
3	Afecto	Familia, amistades, privacidad, etc.
4	Entendimiento	Educación, comunicación, etc.
5	Participación	Derechos, responsabilidades, trabajo, etc.
6	Ocio	Juegos, espectáculos.
7	Creación	Habilidades, destrezas.
8	Identidad	Grupos de referencia, sexualidad, valores
9	Liberad	Igualdad de derechos, libre albedrío (libertad de pensamiento.

Fuente: Choren, S. Disponible en <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/NecBas.htm>, 2017, párrafo 39. Consultado el 12 de enero 2016.

En ese orden de ideas, *“...lo que cambia, a través del tiempo y de las culturas, es la manera o los medios empleados para la satisfacción de esas necesidades”* (Choren, 2014, párrafo 2).

En contraparte están quienes comúnmente tienden a considera las necesidades del hombre como infinitas y en constante cambio; asumiendo la firme idea de que varían de una cultura a otra y con fuertes cambios y ajustes según el periodo de historia que se trate.

Al respecto, se puede señalar que efectivamente esta teoría resulta razonable, pues en cada época surgen necesidades diferentes, inherentes

al ritmo y estilo de vida, directamente ligada al avance tecnológico y a sucesos cruciales que cambian el rumbo de los grupos sociales, que buscan su autorrealización, entendida esta como. *“...la realización de las potencialidades de la persona, llegar a ser plenamente humano, llegar a ser todo lo que la persona puede ser; contempla el logro de una identidad e individualidad plena” (Maslow, 1968, p. 78)*

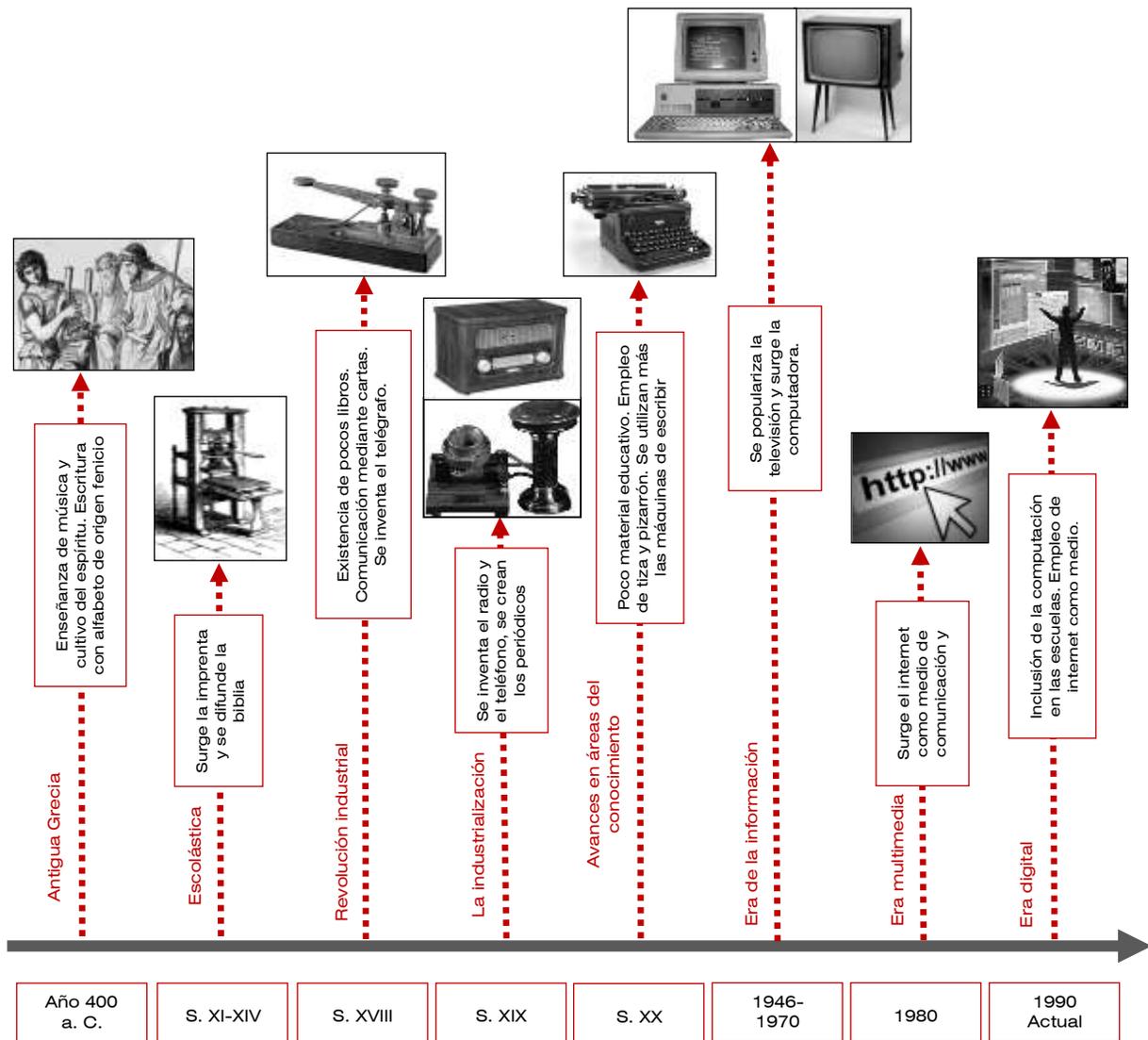
Un claro ejemplo en esta época, es la necesidad que prevalece en el individuo de estar conectado a las redes y medios de comunicación que ofrece la tecnología actual (Figura N° 4), que es muy diferente de la necesidad de estar comunicado, ya que esta se ha realizado desde siempre por medio de la palabra, el dibujo, la escritura y se ha ido solucionando con artefactos que el hombre ha inventado para eficientar la solución y acortar las distancias, entre estos destacan el telégrafo, teléfono, la televisión, la radio, por sólo mencionar algunos.

En conclusión, la conexión se refiere a esa interacción humana que hoy se realiza por medio de equipos y dispositivos creados para ese propósito como las redes, celulares, internet, tabletas, computadoras, etc. En ese sentido, en el ámbito de la psicología, Maslow⁸ formula en su teoría *“Una jerarquía de necesidades humanas y defiende que conforme se satisfacen las necesidades más básicas, los seres humanos desarrollan necesidades y deseos más elevados.”*

Retomando el tema que atañe a este apartado, cuando el hombre detecta una carencia, es propenso a idear como solventarla y si se observa detenidamente cada elemento en el que el hombre ha intervenido, se puede comprender que todo surgió absolutamente de una idea que este formuló con imaginación y está diseñado para cumplir un propósito determinado, en otras palabras, todo lo que crea el hombre, es para su uso y beneficio.

⁸ Maslow, Abraham H. (1943, p. 370) A Theory of Human Motivation. Psychological Review, Vol. 50

Figura N° 4. Evolución de los medio de comunicación.



Fuente: Elaborado por la autora (abril 2018)

A propósito del anterior planteamiento, George, Bernard Shaw⁹, manifiesta el siguiente pensamiento: *“La imaginación es el principio de la creación: imaginas lo que deseas, anhelas lo que imaginas y finalmente creas lo anhelado”* Bernard citado en *PODCASTING, tú tienes la palabra* (2010, p. 8)

⁹ 1856-1950 escritor irlandés, ganador del Premio Nobel de literatura en 1925 y del Óscar en 1938.

En este pensamiento se contiene de manera sintética pero completa, el camino que se recorre desde la formulación de la idea en el cerebro hasta la obtención materializada de la misma, proceso similar al que se sigue en la generación del espacio arquitectónico.

En ese mismo orden de ideas, Viollet Le Duc, Eugene¹⁰ (siglo XIX) expresó lo siguiente: *“La primera condición del diseño, es saber que hemos de hacer. Saber que queremos hacer es haber tenido una idea; y para expresar una idea debemos tener unos principios y una forma; esto es una gramática y un lenguaje”*

El hombre como ente que se diferencia del resto de las especies del planeta por la multitud de aspectos en los que destaca considerablemente, como el habla, la capacidad de razonamiento, la generación de pensamiento abstracto, la creatividad para resolver problemas, la habilidad para diseñar estrategias y planificar, la imaginación para fabricar utensilios cada vez más eficientes e incluso para la transformación del ambiente que le rodea; ha recorrido un largo camino en la incesante búsqueda de soluciones precisas para problemas específicos.

Esta dinámica, le ha permitido apropiarse del entorno natural y lograr su supervivencia a través de la historia, en ese tenor, Serrano (1999, p. 85), manifiestan que: *“el hombre somete y doma a la naturaleza gracias a la razón, al lenguaje y a su capacidad inventiva”*

En la arquitectura, la creatividad elude a una rigurosa racionalidad para concretar el propósito para el que será destinada, sin embargo, la mente creativa se nutre de la intuición y la imaginación, lo que acertadamente

¹⁰ 1814-1879 arquitecto, arqueólogo y escritor francés. Reconocido por sus restauraciones interpretativas de edificios medievales.

Bachelard¹¹, lo postula con el siguiente pensamiento: *“solo después del evento, después del florecimiento, pensamos haber descubierto el realismo y la lógica interna de la obra poética”* Bachelard citado por McAllester (1991, p. 32)

Hasta aquí, se ha realizado un acercamiento a la génesis y evolución del pensamiento humano, evidenciando la manera en que diferentes disciplinas y autores, se han aproximado a su explicación, relacionado directamente en ese proceso las necesidades del individuo, la aplicación de su intelecto y la correlación con la tecnología que se dispone.

No obstante, solucionar problemas, dentro de una o varias necesidades específicas, requiere de capacidades e intelecto del hombre; donde la creatividad y la imaginación tiene un papel específico. Al respecto, Gómez Senent (2003), señala que:

“Existen operaciones implícitas en la resolución de problemas, como: relacionar, ordenar, considerar, coordinar, seleccionar y aplicar. Todo dentro del accionar continuo de la toma de decisiones en el proceso de análisis, síntesis y evaluación de los objetivos trazados síntesis y evaluación de los objetivos trazados.” (Gómez, 2003, p. 80)

Los problemas son situaciones conflictivas cuya solución no resulta evidente. Por eso es interesante partir de su origen y vislumbrar sus posibles soluciones básicas, tener en cuenta la respuesta creativa que se da a situaciones cada vez más complejas y finalmente entender las fases del proceso creativo. Todos estos puntos serán atendidos en los siguientes incisos.

¹¹ 1884-1962 Filósofo, poeta, físico, profesor y crítico literario francés. Autor inclasificable, estuvo interesado por la historia de la ciencia, moderna o contemporánea, y al mismo tiempo por la imaginación literaria.

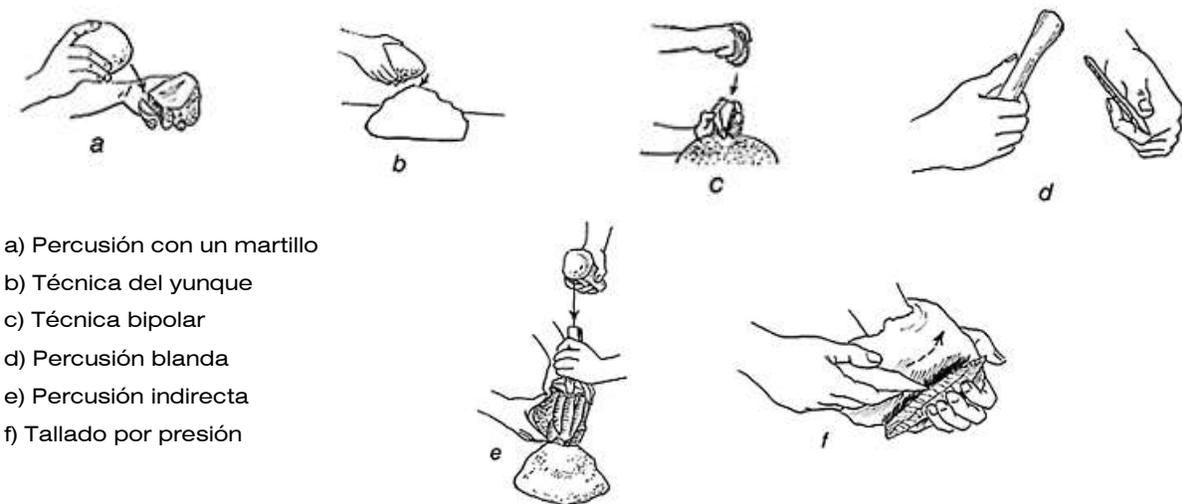
1.1.1 Origen y soluciones primarias a problemas simples

La búsqueda de soluciones a problemas específicos, es una inquietud que ha acompañado al hombre a lo largo de la historia y constituye una dinámica que propició el desarrollo tecnológico que hoy se ha alcanzado y que no ha cesado.

Esta actividad, ha jugado un papel crucial en la configuración de la vida material y cultural de los pueblos. En buena medida, el progreso humano está basado en la invención de procedimientos y mecanismos para la resolución de problemas concretos del quehacer cotidiano.

Para el hombre primitivo, iniciar esta vertiginosa carrera, no resultó una tarea sencilla de lograr. Hace más de treinta mil años, el hombre sufrió un cambio sustancial en su modo de vida, siendo su mayor aliada en esta transformación la capacidad de observar para solventar las necesidades básicas como fabricar las primeras herramientas. Ver Figura N° 5.

Figura N° 5. Principales técnicas de fabricación de herramientas de piedra.



- a) Percusión con un martillo
- b) Técnica del yunque
- c) Técnica bipolar
- d) Percusión blanda
- e) Percusión indirecta
- f) Tallado por presión

Fuente: Delson (2000, p. 753)

La inquietud de organizarse en grupo y hacer más benéfica la caza, condujo al hombre a buscar un canal de comunicación que se puede observar en las primeras obras del arte rupestre donde además, se reflejan su ideología y perfilaría posteriormente los primeros pasos hacia un lenguaje hablado.

Al respecto de la ideología, las perspectivas materialistas en ciencias sociales, han sido influenciadas por los preceptos heredados de Marx y Engels, ideas cuyo desarrollo como muchos de los conceptos del materialismo histórico nunca fueron sistemáticas y operativamente desarrolladas, sin embargo:

“...en la ideología alemana, ambos deslizaron la noción de que los hombres son los productores de sus representaciones, de sus ideas, etc., pero los hombres reales y actuantes, tal y como se hallan condicionados por un determinado desarrollo de sus fuerzas productivas y por el intercambio que a él corresponde, hasta llegar a formaciones más amplias. La conciencia no puede ser nunca otra cosa que el ser consciente, y el ser de los hombres es su proceso de vida real. Y si en toda ideología los hombres y sus relaciones aparecen invertidos como en una cámara oscura, este fenómeno responde a su proceso histórico de vida... las formulaciones nebulosas que se condensan en el cerebro de los hombres son sublimaciones necesarias de su proceso material de vida, proceso empíricamente registrable y sujeto a condiciones materiales.” Marx, C. y F. Engels (1968, p. 26)

Por otra parte, existen sucesos en la historia del hombre primitivo que marcan un giro considerable en la forma de crear y encontrar soluciones a los problemas esenciales que se le presentan. Uno de ellos es el dominio y uso del fuego, que permite a los individuos una condición térmica más confortable en las temporadas de frío extremo. Otros beneficios que conlleva el manejo del fuego, es el mantener en mejores condiciones los

alimentos ante la posibilidad de cocinarlos y permite al hombre de la antigüedad defenderse del ataque de animales.

Este descubrimiento propicia –junto con la agricultura y el domesticar animales–, el cambio del hombre de nómada a sedentario, relacionado precisamente con la evolución de grupos sociales más organizados, donde el sustento ya no dependía sólo de la caza y recolección de frutos, porque se empezó a producir en una estructura social-productiva basada en la agricultura y en la domesticación de animales, actividades predominantemente sedentarias.¹²

En ese escenario, el hombre antiguo desarrolla paralelamente el sentimiento de pertenencia, que se puede interpretar como la vinculación o dependencia que experimenta un miembro de una sociedad. Maslow (1954, p. 88), describió la pertenencia como: *“una necesidad básica humana”*, mientras que Anant (1966), la define de la siguiente manera: “el sentido de implicación personal en un sistema social, de tal forma que la persona sienta que es una parte indispensable e integral de ese sistema.” citado por Dávila León (2017, p. 33)

De la misma manera que surge también el concepto de propiedad –derecho o facultad de poseer algo–, considerado por Maslow bajo el término de seguridad. En esta etapa, el hombre primitivo, ya cuenta con herramientas para cazar y para el cultivo, con lo que solventa el problema de alimentación y sobrevivencia, considerado como una de las necesidades básica que contempla en la base de la pirámide de (Maslow, 1954) bajo el rubro de fisiología.

Retomando el derecho del individuo a la propiedad privada, está el advenimiento del concepto de morada íntimamente vinculada al interés de

¹² Pollan M. "The Omnivore's Dilemma". New York, The Penguin Press, 2006, p. 34

conservar el fuego y que evoluciona del refugio natural que ofrecía la caverna -solución primigenia para protección de las inclemencias del clima- a un espacio artificial creado por el hombre con los recursos que le provee el entorno y ubicado -en este caso- donde al individuo le conviene para cuidar de sus huertos, animales, proveerse de agua y otros beneficios.

Cuando se habla de este cambio, surge en el imaginario colectivo la idea de una cabaña primitiva como la esencia de la simplicidad arquitectónica y del origen, postura que (Laugier, 1753) asume desde el anonimato, en su publicación titulada “Essai sur l’architecture”, el cual contiene en las primeras páginas, la especulación que el autor hace respecto a cómo pudo ser el origen de la arquitectura en esa etapa temprana de la humanidad y la manera en que el hombre primitivo, procedió para dar un enorme paso del cobijo que le proporcionaba la naturaleza a la obtención de una solución espacial primaria a un problema simple de protección a la condiciones climáticas, hecho que aparentemente la caverna no resolvía con eficiencia.

En ese sentido, J. Rickwert, en su publicación titulada: La casa de Adán en el Paraíso, cita lo expresado por Laugier, cuando el hombre de la antigüedad se percató de que los refugios naturales no le ofrecen una protección conveniente:

“El hombre quiere una morada que le albergue, no que le entierre. Algunas ramas desgajadas que encuentra en el bosque sirven para sus fines. Elige las cuatro más fuertes y las coloca perpendicularmente al suelo para formar un cuadrado. Sobre estas cuatro apoya otras cuatro transversales; sobre estas, coloca en ambos lados otras inclinadas de modo que lleguen a un punto del centro. Cubre esta especie de techo con hojas lo bastante gruesas para protegerle del sol y la lluvia: ahora el hombre está alojado. Ciertamente que el frío y el calor le harán sentir sus excesos en esta casa, abierta por todos lados; pero

después rellenará los espacios intermedios con columnas y así se encontrará seguro.

La pequeña choza que acabo de describir es el tipo sobre el que se han elaborado todas las magnificencias de la arquitectura. Los defectos fundamentales se evitan y la auténtica, perfección se consigue aproximándose a su sencillez de ejecución. Las piezas verticales de madera sugieren la idea de las columnas, las piezas horizontales que descansan sobre ellas, los entablamentos. Finalmente, los miembros inclinados que constituyen el techo suministran la idea del frontón. Nótese entonces lo que todos los maestros del arte han confesado." (Rickwert 1975, p. 52)

Como consecuencia, de estos eventos, la humanidad sentará las bases de los primeros asentamientos humanos, en donde su desarrollo, evolución y expansión, no sólo trasformarán el entorno, si no al mismo hombre, acentuando finalmente la constante búsqueda de nuevos y mejores satisfactores que harán evolucionar la tecnología primitiva, al respecto, (Ladrière 1977, pp. 49-50) señala: *"la tecnología antigua se desarrolló muy lentamente sobre una base que parece haber sido esencialmente práctica"*

Dentro de diferentes estudios, el hombre ha sido considerado como un ente que desarrolló el intelecto y fue capaz de modificar su entorno para servirse de él, en la incesante búsqueda para mejorar sus condiciones, el pensamiento de que su proceso de evolución se ha producido en virtud de una dinámica de constantes adaptaciones y desadaptaciones, es palpable.

El hombre entonces, puede ser considerado como fruto de un doble proceso de evolución: biológica y social; ello como respuesta al medio natural. La adopción de una posición erguida permitió el desarrollo de las capacidades manipuladoras a través de las manos dando lugar a su vez, a la confección de herramientas y al empleo de utensilios cada vez más

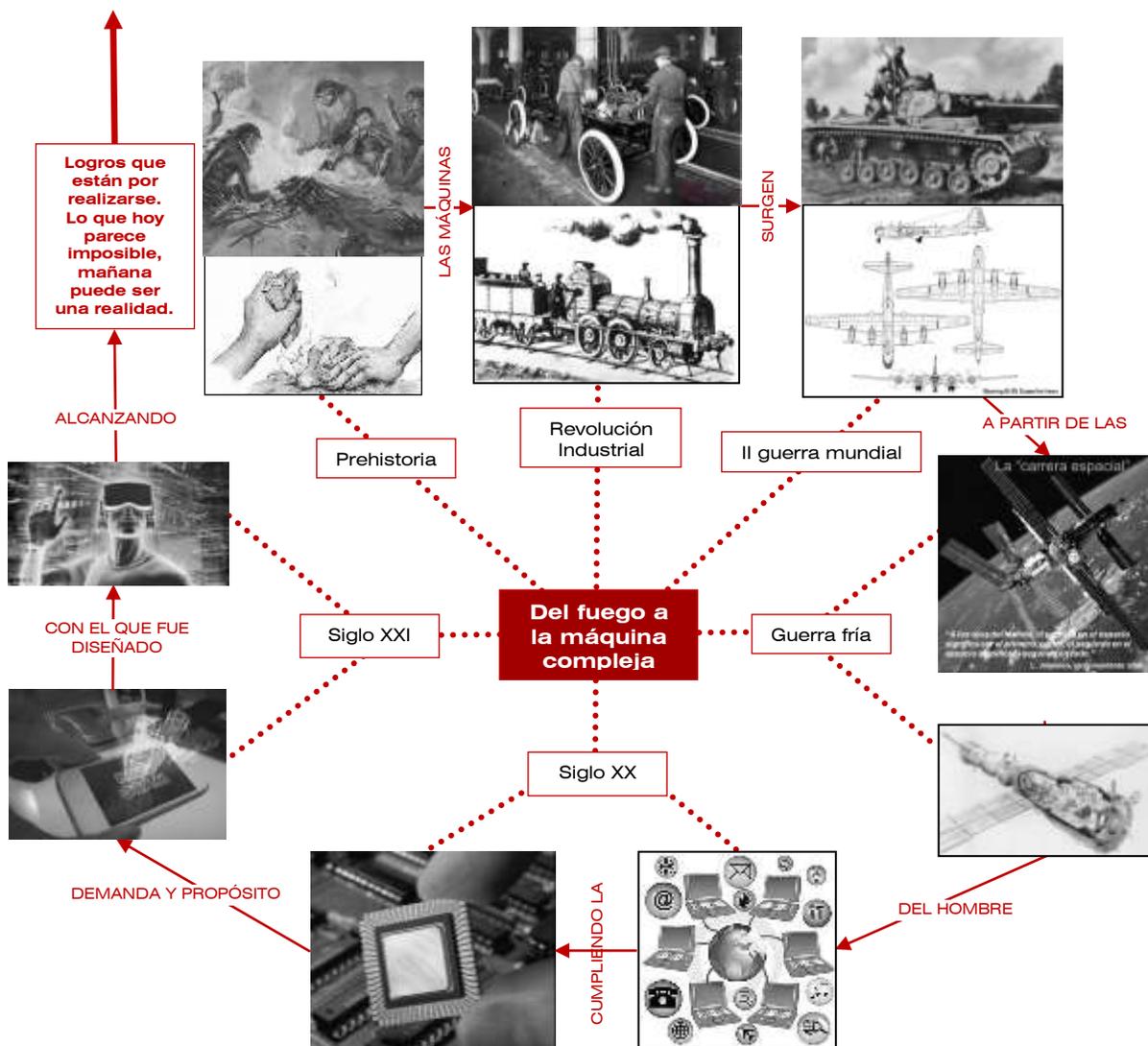
adecuados para la obtención de alimentos y especialmente para la caza, con lo que se originaría también la transformación del medio natural. Concerniente a este tópico, (Covarrubias et al. 2011, p. 35) externa que:

“La dialéctica marxista es una postura ambientalista que considera al hombre parte de la naturaleza y transformador de ella por medio del trabajo social. Para satisfacer sus necesidades, el hombre transforma la naturaleza transformándose a sí mismo. El trabajo, en cuanto proceso de apropiación de la naturaleza por el hombre, es materialización del sentido con el que la naturaleza aparece en la conciencia humana, pero que nunca se integra existencialmente a ella sino que permanece en la conciencia confundida con lo real. La naturaleza no tiene direccionalidad en sí, sin embargo, el hombre ve en ella un sentido evidente que es producto de la sobre posición a lo real del contenido de su conciencia, como sucede con las supuestas leyes a cuyo dominio se encuentra sometida la naturaleza”

En ese sentido, el hombre se constituye como el gran transformador del entorno, originado desde las primeras técnicas para encender fuego, hasta la creación de las complejas máquinas (Ver Figura N° 6) que hoy se utilizan en el mundo moderno.

A partir de la dinámica que implica el detectar y satisfacer necesidades, los seres humanos se han beneficiado del entorno natural, modificándolo y explotándolo como parte del proceso de todos los desarrollos técnicos, cuya aparición y gradual refinamiento, ha marcado profundamente los modos de organización social, así como las tradiciones, el acervo cultural de la civilización y la evolución de la todas las áreas del conocimiento de la cual la arquitectura, también ha sido partícipe y constituye el testigo fiel que narra ese proceso.

Figura N° 6. Mapa conceptual del fuego a las máquinas complejas.



Fuente: Figura estructurada por la autora (2008)

1.1.2 Respuesta creativa a problemas complejos.

Han tenido que pasar muchos siglos de evolución para entender al hombre cómo un ente biológico y científico; binomio que le permitió ubicarse con superioridad por encima de las otras especies y el orden natural al cual él también pertenece. Por lo tanto, el hombre es entendido desde la biología como un sistema capaz de generar respuestas a estímulos externos de forma cuasi instantánea y eficaz, para adaptarse a las circunstancias, según

el contexto, la utilidad y la funcionalidad del momento, es lo que se podría determinar como factor psico-biológico, que envuelve el pensamiento y las acciones de los seres humanos; aquel que moldea las formas en que se actúa y se entrega un sentido caracterizador a ese ser inmerso en constante evolución.

A través de esto, se puede concebir al hombre pensante como una entidad capaz de dar respuesta a su entorno, de generar y crear soluciones. Entendiendo esta concepción, el hombre se ubicó en un ser capacitado para responder a cualquier situación, condicionado para actuar según el momento, donde juegan un papel crucial el tiempo, el espacio, los recursos que dispone y el desarrollo tecnológico, ya que son los que determinan la manera de actuar y producir respuestas a problemas específicos. Bajo esta condición el individuo toma la mayoría de las decisiones cotidianas.

Para proporcionar una mayor elucidación a esto, es necesario ubicarse en la concepción fraccionada y reduccionista de la evolución cultural que se ha venido presentando durante siglos, es decir, el planteamiento que presenta al ser humano como una entidad segmentada en dos partes, la que conforman los aspectos psicológicos, emocionales y afectivos; y la que contempla sus contrapartes físicas, químicas y biológicas. Gracias a que el ser humano ha sido catalogado, estudiado y encerrado en sistemas separados, no se ha podido entrelazar una concepción que lo unifique y de cierta manera, le entregue una identidad y una autoridad sobre lo que le acontece.

Quizá el concepto clave para comprender la raíz de la incertidumbre respecto a la consecuencia de las acciones y decisiones, es el de complejidad, que (Rivas, 2007, p. 76) entiende como: *“el estudio de los principios y las pautas que explican el comportamiento de un fenómeno natural o social desde la perspectiva de la totalidad”*. La comprensión de los

fenómenos complejos exige pues, que se piense de manera holista o sistémica, en contraste con el enfoque analítico que conduce a descomponer el todo en sus partes y suele incitar a considerar sólo los elementos del sistema, sin tener en consideración sus propiedades emergentes.

Pensar en complejidades es determinante para poder alejarse de un pensamiento reduccionista; que (Morin, 1998, p. 21) trata de explicar señalando que: *“El término complejidad no puede más que expresar nuestra turbación, nuestra confusión, nuestra incapacidad para definir de manera simple, para nombrar de manera dura, para poner orden a nuestras ideas”*, es el no entender lo que la ciencia ha expresado durante años, que concibe y entiende al hombre como una complejidad de muchas partes y no como un todo complejo, que conforma y a la vez, es excluido.

Un entendimiento más profundo de lo que se pretenda estudiar; de acuerdo con (Morin, 1998, p. 23) requiere de *“reducir a la fuerza la incertidumbre y la ambigüedad”*, el doble pensamiento seccionado que lleva a entender una cierta forma de comportamiento, según el ámbito donde se quiera clasificar: el hombre como componente social, sus actividades, sus relaciones interpersonales o el hombre biológico, su corporalidad, su funcionamiento metabólico, etc.

Todo ello, para poder determinar la forma en la que el hombre se relaciona con el mundo, qué lo hace ser ese tipo de humano y no otro, cómo se vincula al mundo, de qué manera, cuál es su fundamento, qué le hace seguir creando y especulando. En ese sentido, el bio-antropólogo se puede determinar como una *“inteligencia ciega, una que destruye los conjuntos y las totalidades, aísla todos sus objetos de sus ambientes”* (Morin, 1998, p. 23) y no permite vislumbrar la complejidad del ser humano.

Esto, como principio del planteamiento que se pretende demostrar, es decir que primero, se necesita justificar las equivocaciones del pensamiento humano, para así, dar cabida a una nueva forma de organización, de estructuración moderna necesaria para un mundo cada vez más cambiante, más insaciable, y con más ganas de ser analizado, *“se trata de reintegrar al hombre entre los otros seres naturales para distinguirlo, pero no para reducirlo.”* como lo precisa Morin, quien además agrega que la complejidad *“es un fenómeno cuantitativo, una cantidad extrema de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades”* (Morin, 1998 p. 30), pequeños organismos compositivos que le entregan un carácter al objeto de estudio, que mientras algunas personas les excluyen por su carácter distorsionador, otras los acogen encontrando una posibilidad, una alternativa al estudio, una nueva forma de pensar, concebir y abordar una problemática.

Las complejidades, se basan y se sitúan en un contexto incierto, indeterminado, distorsionado, proporcionándole una mayor riqueza a las soluciones que el individuo busca para una vida más llevadera con su entorno, por lo que no es de extrañarse que a medida que avanza la evolución, el hombre emplee el conocimiento acumulado, todo su ingenio y creatividad para dar respuesta optima a problemas complejos, lo que se ve directamente reflejado cuando comienza a elaborar utensilios más sofisticados y consolida una morada más segura y mejor organizada.

Vitruvio, en el Capítulo I de su Libro II, evidencia su concepción sobre el hombre y lo ubica como un ente con peculiaridades físicas transcendentales, además de entenderlo como poseedor de intelecto y espíritu, por lo tanto, es a partir de estos atributos y de concatenar su capacidad de observar, reproducir y disociar, es que resulta apto para generar una arquitectura que dé solución a sus necesidades. La arquitectura que postula este tratadista romano del siglo I a. C., es tectónica:

estructuras, huesos, cerramientos independientes. Y habla de un esqueleto portante, así como de materiales que implementan los vacíos, ya sean tejidos, proyectados, encofrados o por adición de pequeños elementos.

Llegar a estos postulados, es entender la capacidad del individuo pensante, por solucionar los problemas que se van haciendo evidentemente más elaborados y que requieren considerar de manera integral todos los factores que intervienen para obtener una solución ciertamente eficiente. Al respecto, Vitruvio, también aborda dos cuestiones:

“La primera es hablar de las circunstancias geográficas de las construcciones: la arquitectura primitiva pertenece a un lugar y a un clima, y, si se mueve tan sólo unos kilómetros, ya es radicalmente diferente. La segunda es no hablar de forma. Estructura, clima, necesidad de expulsar el agua y alojar el fuego.” (Vitruvio, citado por Laugier 2013, párrafos 7 y 9)

En este recorrido, es posible acercarse a la tendencia que ha tenido siempre el individuo por encontrar estrategias que permitan satisfacer sus necesidades básicas -que se complejizan a medida que avanza su evolución- por otra parte, la motivación es el motor que le ha impulsado a aplicar su esfuerzo e ingenio para conseguir los satisfactores correspondientes.

Por lo que en consecuencia, interactúa con el medio natural que lo rodea, del que obtiene los recursos necesarios para subsistir; inventa procedimientos o técnicas y construye instrumentos para superar sus limitaciones físicas -homo faber¹³- que lo posibilitan para el aprovechamiento de los recursos y la satisfacción de sus necesidades.

¹³ Locución latina que significa "el hombre que hace o fabrica". Se usa en contraposición a Homo sapiens, la denominación biológica de la especie humana, locución también latina que significa "el hombre que sabe".

Considerando que en esta perseverancia se ha enfrentado a condiciones desfavorables, careciendo de los elementos necesarios para afrontarlas, se hacen evidentes las dificultades que ha tenido que superar para conseguir sus propósitos; no obstante estos inconvenientes han repercutido en el enriquecimiento en las técnicas y herramientas empleadas, que en el transcurso de los siglos, éstas se han perfeccionado en función directa de su capacidad inventiva –homo sapiens¹⁴- aunado a la disposición de los recursos que la naturaleza le ha brindado.

Al comparar las primeras conducciones rudimentarias del hombre con las muy sofisticadas de la actualidad, se detecta que es difícil determinar un límite en su capacidad creativa para resolver los problemas y procurarse una mejor calidad de vida aprovechando los recursos naturales. Satisfechas las necesidades básicas –alimento y defensa-, que garantizan su supervivencia, el hombre ha tenido la oportunidad de adentrarse en otros terrenos, como el artístico científico y cultural, dentro de los que se han despertado otras necesidades por complacer.

1.1.3 Fases del proceso creativo.

La creatividad, definitivamente es una característica inherente al ser humano y recaen en esta, lo mucho que se ha dicho en los diversos campos del conocimiento a lo largo de la historia, ya que las ideas creativas de un sin número de individuos que trabajaron afanosamente en diversos ámbitos dan como resultado final el patrimonio cultural actual que está íntimamente ligado a la innovación.

Concerniente a esto, (Vargas, 2015, p. 33) precisa lo siguiente: *“...la creatividad como proceso mental que ayuda a generar ideas y extrae*

¹⁴ Del latín, homo ‘hombre’ y sapiens ‘sabio’) es una especie del orden de los primates perteneciente a la familia de los homínidos.

aquellas que son novedosas, es la antesala de la innovación, y mucho se ha escrito acerca de sus condicionantes de técnicas para estimularlas”

No obstante, esclarecer lo que significa un proceso creativo, conduce a visualizar y valorar la capacidad que ha tenido el ser humano desde su origen, para producir cosas nuevas con cierto valor, que se apegan a los condicionamientos del momento y del lugar. Por ejemplo, las grandes aportaciones que han hecho filósofos, teólogos, artistas y científicos a la humanidad. Estos casos ejemplares son muestra de la aplicación de ideas originales para solucionar problemas que se dan en cualquier nivel y ámbito de la existencia humana, y que pueden emanar de la vida cotidiana.

Aquí surge la inquietud de cuestionarse si realmente existen pasos similares para la concreción de un producto creativo y que sean aplicables a cualquier individuo para producir algún objeto creativo en el diseño o en la ciencia. La realidad apunta a que cada individuo tiene su propia concepción de lo que es un desarrollo creativo de acuerdo a su propia experiencia.

A este respecto Galvin¹⁵, dice que: *“La creatividad consiste en dedicación y empeño. La anticipación supone tener antes que nadie una visión de algo que llegará a ser importante en el futuro; el empeño es la fe que sostiene el trabajo personal encaminado a realizar dicha visión pese a dudas y desánimos”*. (Galvin citado por Villagómez, 2007, párrafo 6)

No obstante, si bien es cierto que cada individuo tiene una forma muy particular de trabajar, según lo determinado por el psicólogo e investigador Csikszentmihalyi (1996), sobre la base de una investigación realizada sobre ese tema, entre los años 1990 y 1995, precisa que: *“existen hilos*

¹⁵ Directivo de la empresa Motorola en E.U. y galardonado en múltiples ocasiones por su actividad empresarial.

conductores que podrían constituir lo que llamamos fases para la concreción de un producto creativo.” (p. 213)

Además sostiene que: *“si hay algo que determina una vida creativa es precisamente la voluntad de avanzar a través del tiempo, la determinación del individuo a usar sus capacidades para dar sentido al mundo y develar sus secretos”* Como resultado del estudio que hace en más de noventa personas creativas en diferentes ámbitos, Csikszentmihalyi puntualmente, señala que: *“En vez de quedar configurados por los acontecimientos, [las personas entrevistadas en su investigación] configuraron los acontecimientos para ajustarlos a sus propósitos”*. Algo que se viene realizando de manera sistemática desde el origen del hombre.

Para comprender los procesos creativos en la arquitectura, resulta preponderante entender cuáles son las etapas en las que se manifiesta, y en esa búsqueda, se identifica que puede encuadrar perfectamente con lo que (Wallas, Graham¹⁶ 1926), plantea en su libro *The art of Thought*, respecto a las fases del proceso creativo que contribuyen en el desarrollo de un proyecto retroalimentándose. Retomando el planteamiento hecho por este autor, se puntualizan las cuatro etapas en la Tabla N° 2, expuesta a continuación:

Tabla N° 2. Cuatro fases del proceso creativo (Wallas Graham)

N°	FASES	DESCRIPCIÓN
1	Preparación:	El problema es explorado o investigado en todas las facetas o direcciones posibles
2	Incubación:	Se piensa sobre el problema de forma no consciente.
3	Iluminación:	Aparece de forma espontánea la denominada “feliz idea”, que permite resolver el problema
4	Verificación:	Se valida o prueba una nueva idea, de forma deliberada y consciente.

Fuente: Tristan y Mendoza, 2016, p. 159. Disponible en <http://www.scielo.org.pe> Consultado el 15 diciembre 2017.

¹⁶ 1859-1932 Pensador, psicólogo y ensayista político de primer orden de origen inglés.

Otro autor que realiza un planteamiento por etapas de este proceso es Koestler, A.¹⁷ (1959), quien en su discurso destaca sólo tres fases, las cuales están en correspondencia a los estados de la consciencia de la neurociencia, (consultar Tabla N° 3) lo cual es de nuevo un bucle del fin al inicio en el proceso creativo.

Tabla N° 3 Fases del proceso creativo (Koestler, Arthur)

N°	FASES	DESCRIPCIÓN
1	Lógica:	Define el problema, la recopilación de datos relativos al problema y una primera búsqueda de soluciones.
2	Intuitiva:	Después de la fase lógica y no conforme con la solución, el problema se va haciendo autónomo (problema no consciente), vuelve a ser elaborado y comienza una nueva incubación de la solución y una maduración de las opciones. Se produce la iluminación, es decir, la manifestación de la solución
3	Crítica:	Fase donde analiza con profundidad su descubrimiento, verifica que es una buena solución y le da los últimos retoques.

Fuente: Inno Creatividad 2012, Disponible en: <https://innocreatividad.com/2012/09/27/fases-del-proceso-creativo/> Consultado el 15 de febrero de 2016

Posteriormente, Arthur Koestler, en su libro “The Act of Creation” (1964), destina buena parte de la obra al acto creador de artistas y científicos de renombre, defendiendo que el individuo es más creativo cuando suspende el pensamiento racional y valora procesos inconscientes. Para este autor, *“el acto creativo es siempre un salto al vacío, una penetración en las profundidades. La verificación sólo aparece post factum¹⁸, una vez que el acto creativo se ha completado”* (Koestler, 1964, p. 330).

A pesar de considerar que una teoría de la física, es bastante más verificable que un trabajo artístico, el autor está contra la separación entre el mundo de la verdad verificable/refutable (ciencia) y el mundo del arte (experiencia estética) y defiende que la transición del primero al segundo

¹⁷ 1905-1983 Novelista, ensayista, historiador, periodista, activista político y filósofo social húngaro de origen judío. Su nombre de nacimiento fue Köszler Artúr, que cambió posteriormente a Arthur Koestler al nacionalizarse británico.

¹⁸ Expresión latina, traducible al español como "posterior al hecho", Disponible en: <https://es.glosbe.com> 2018. Consultado el 29 de abril de 2017.

sigue un gradiente continuo. *“La belleza es una función de la verdad y la verdad es una función de la belleza. Podemos separarlas por medio del análisis, pero en el acto creador son inseparables”* (Koestler, 1964, p. 331).

Aunque Wallas y Koestler, realizan un acercamiento a través de la estructuración por fases del proceso creativo, cada uno lo lleva a cabo desde el ámbito al que pertenece. Aquí vale la pena destacar que ninguno es arquitecto, no obstante la disciplina, si esta se encuentra inmersa en el contexto del diseño, siempre implicará la presencia de un ente con pensamiento original, divergente o lateral, y la arquitectura, no es la excepción por lo que encuadra perfectamente en las etapas señaladas en las Tablas N° 2 y N° 3.

Por su parte, Flores y Balderrama (2011, p.16), quienes se pertenecen al área de diseño gráfico, que es un campo más próximo a la arquitectura, enfatizan que:

“Muchos autores coinciden en los pasos a seguir cuando ofrecen un método para el diseño pero casi ninguno habla de un punto que modifica totalmente los esbozos creativos del diseñador: el promotor o cliente del diseño. Este personaje influye mucho en el eje de la innovación en la construcción de los proyectos diseñísticos.”

En ese sentido, al igual que el arquitecto proyectista, el diseñador gráfico, debe someter su trabajo a un tercero, quien fue el que inició toda la labor. Este último decide la validez y los criterios usados en el trabajo, teniendo también el poder suficiente para modificar parcial o totalmente el diseño. Adicionalmente, Flores y Balderrama (2011, p. 19) agregan que: *“los autores obvian este punto que afecta de forma sensible a la creación del diseñador, pues se piensa que cuando una obra es innovadora será aceptada sin*

ninguna modificación”. En ese tenor, Kotler, P.¹⁹ (citado por Rodríguez 1993, p. 51), es certero cuando denuncia que:

“La inercia del espíritu humano y su resistencia frente a las innovaciones, no encuentra su expresión más clara en las masas incultas (como se cabría esperar); ya que éstas se dejan influir fácilmente cuando se les aborda en forma adecuada, sino en los especialistas, con su pretensión de ser custodios de la tradición y poseedores exclusivos de todo el saber. Toda innovación significa una doble amenaza contra las medianías académicas. Amenaza, por un lado, su autoridad de oráculos y por otro, despierta un miedo profundamente enraizado a ver destruido todo el edificio intelectual con tanta fatiga construido”

Con esto último, es posible establecer que todo proceso creativo está sujeto a una cantidad considerable de variables, y los procesos creativos en la arquitectura también se ven impactados por estos.

39

Este primer tema, concerniente a la génesis y evolución del pensamiento humano, integrado por tres subtemas, finalmente, ha permitido aproximarse al espectro general de los procesos enfocados al diseño desde el origen del hombre, hasta el avance que se manifiesta en fechas recientes, tomando como base los enfoques de diversas disciplinas y autores que le han abordado, no obstante, resulta importante tomar en cuenta el medio empleado para lograrlo, razón por la cual se da pasó al siguiente apartado.

¹⁹ 1931. Estadounidense, economista y especialista en mercadeo, titular distinguido, desde 1988, de la cátedra de Marketing Internacional S.C. Johnson & Son en la J.L.

1.2 Proceso tradicional.

Es conveniente puntualizar que proceso tradicional, se entiende como la parte metodológica encargada de la traducción del lenguaje abstracto escrito del análisis, a un lenguaje visual propio de la arquitectura. Este lenguaje visual, se rige tanto por leyes de la teoría del diseño, como por la teoría de la arquitectura y permite la concreción de la idea formulada en la hipótesis, donde surge precisamente la idea primigenia e inicia el proceso proyectual hasta llegar a la síntesis, que es finalmente la composición de un todo a través de la reunión de sus partes.

Resulta necesario que esta pieza sea exclusivamente gráfica, en el caso de los procesos precedentes a los empleados hoy, trabajar tanto en planta, alzado, como en modelo tridimensional, implicaba para el proyectista un esfuerzo mental para comunicar en papel lo formulado en su cerebro, considerando las cualidades volumétricas del objeto concebido, pero ajustándose a los recursos de representación, que en ocasiones podían ser limitados.

De aquí se desprende la interrogante de entender qué sucede con la idea original y la intención proyectual inicial en relación al empleo del método convencional antes del surgimiento de la tecnología de las computadoras.

No obstante, las consideraciones del contexto global donde se insertará el objeto arquitectónico, prevalecen sin importar cuál sea la herramienta a emplear para el desarrollo del proyecto, ya que es requisito ineludible contar con bases teóricas sólidas y con el conocimiento integral que brinda la formación de arquitecto para poder llegar a un resultado viable, y no a un producto desligado de toda lógica, función y calidad.

Es así, como se alcanza el desarrollo del proyecto, el cual comprende la creación final del objeto y la parte técnica de la arquitectura. Por otra parte, permite generar la información necesaria para llevar a cabo la construcción del objeto arquitectónico, apoyándose este proceso convencional en planos, dibujos y maquetas físicas, que deberán ser fiables y confiables en la información contenida.

Rastrear los orígenes del proceso tradicional del dibujo y representación arquitectónico, resulta complicado, porque nadie tiene certeza cómo fueron construidos los primeros monumentos de la humanidad o si existían planos. Sin embargo, se sabe que los arquitectos de las culturas griega y romana, registraban sus ideas de diversas maneras. No obstante, Peter Murray, (1982) en su libro *“Historia de la Arquitectura-Arquitectura del Renacimiento”* plantea que: *“Mucho de lo que hoy sabemos de la antigua arquitectura romana era desconocido para los hombres del siglo XV...”* (Murray citado por Tómsic, 1999, pp. 70-71)

En consecuencia, resulta difícil encontrar y describir un significado unilateral para los cambios en las costumbres mentales de cualquier época, debido a su complejidad, ya que provocan una serie de consecuencias que no tienen que ver solamente con la palabra escrita. La imagen cobra cada vez mayor importancia. En relación a esto, (Tómsic, 1999, p. 70) en el caso del surgimiento de la imprenta, destaca que: *“Resulta paradójico que la época que vio el nacimiento de la imprenta, vio también una revolución en la forma de pensar de los artistas, en especial, en la definición del concepto de la representación gráfica.”*

Como ejemplo se pueden acotar los textos de Galeno y de Vitruvio, que volvieron a presentar las ilustraciones que habían perdido en los años de copiado manual de los libros. En el caso de la arquitectura, esto significó la posibilidad de visualización y reconocimiento de las diferencias entre los

órdenes clásicos que Vitruvio -arquitecto romano del siglo I, a. C.- describió en su tratado.

A pesar de que antes de la imprenta era posible reproducir mapas, diagramas, signos matemáticos, etc., surge la pregunta sobre cuántas veces era posible reproducirlos exactamente. Es importante hacer notar que la imprenta le devolvió al tratado de Vitruvio, como a otros textos de geometría, geografía, etc. las ilustraciones, que habían sido olvidadas durante siglos de copiado manual de los libros. *“Esto devolvió a las ilustraciones su importancia y probablemente también haya reducido el papel de las expresiones verbales en textos tan específicos”* (Eisenstein, 1983, p. 38).

La imprenta trajo consigo la estandarización de los signos, después de su aparición, se multiplicaron los recursos visuales y a pesar de que sería difícil afirmar que fue exclusivamente la aparición de la imprenta, la causante del nacimiento del dibujo arquitectónico como se conoce hoy, es posible reconocer ciertos elementos en los que influyó, gestándose la idea de la codificación de las representaciones.

Antes de la aparición de la imprenta, son muy variados los recursos empleados por los arquitectos, para poder transmitir sus ideas proyectuales, por ejemplo, Brunelleschi (1377-1446), destacado arquitecto del Renacimiento, -reconocido más adelante como el padre de la perspectiva- luego de muchos años de investigaciones, pudo resolver la construcción de la cúpula de la Catedral de Florencia. *“Los documentos de la catedral muestran que en el año 1419, el autor presentó un «memorandum», es decir, una descripción verbal de la obra junto con las instrucciones de cómo debían los «operai»²⁰ realizar todos los trabajos necesarios.”* (Murray, 1982,

²⁰ De acuerdo con el diccionario italiano-español e bab.la, significa trabajadores. Disponible en <https://es.bab.la/diccionario/italiano-espanol/operai>. Consultado el 9 de marzo 2018

p. 7). Por su parte, Donatello realizó un modelo en piedra para la ocasión, medio al que también Brunelleschi y los arquitectos de la época, solían recurrir.

De re aedificatoria²¹, tratado en diez libros acerca de la arquitectura, escrito originalmente en latín por el humanista genovés Leon Battista Alberti (1404-1472), fue impreso por primera vez en Florencia en hasta 1485, evidencia la intención de rehacer la única obra conservada de un autor clásico sobre arquitectura, planteando lo siguiente:

“Al hacerlo, inició la idea, tan vigorosa a fines del siglo XV y en todo el XVI, de que el verdadero modelo en arquitectura había de buscarse en la reconciliación del texto de Vitruvio con los monumentos. Vitruvio había escrito su «De architectura libri decem» en la primera mitad del siglo I. Se trata del único tratado de arquitectura de un autor romano, que había sido conservado y copiado en la Edad Media.” (Tómsic, 1999, p. 73)

El dibujo, desarrollado justamente en la misma época, por autores como Leonardo Da Vinci (1452-1519), pasó a ser un medio de comunicación específico, no un fin per se. Por supuesto, queda abierta la pregunta sobre la influencia del desarrollo del dibujo en las posteriores conceptualizaciones del espacio.

(Argán, 1973, p. 130) afirma que: *“el paso del Renacimiento al Barroco fue clave: de la arquitectura de representación del sistema o de composición a la arquitectura de determinación del espacio, en la que el arquitecto «crea» el espacio.”* Seguramente el desarrollo del dibujo de la perspectiva, las posibilidades de representación sintética de un complejo espacial a través

²¹ En castellano: El arte de edificar

de diferentes métodos de dibujo técnico, en este momento jugaron un papel fundamental.

Quizá sea posible prever, a partir de esta experiencia histórica, los caminos que la nueva revolución de las computadoras ofrece en el campo de todas las expresiones que tienen que ver con lo visual, ya que el proceso de trabajo a partir del surgimiento de ordenadores y softwares dirigen a mecánicas de trabajo más versátiles, que rompen con el paradigma tradicional.

1.2.1 Gestación de la idea primigenia.

Como punto de partida, se requiere considerar en este apartado la incógnita de cómo nace una idea, un pensamiento, lo cual es uno de los misterios que aún no se han podido descubrir absolutamente. Sin embargo, de lo que se ha investigado hasta el momento en el campo de la neurociencia, los pensamientos surgen cuando las neuronas se conectan a otras células nerviosas que no pertenecen a su misma red.

El equipo del alemán Wolf Singer²² demostró esta hipótesis, lo que atrajo el interés de otros investigadores. Singer estudia cómo se activan los grupos de neuronas en la corteza cerebral de los mamíferos y afirma que; “las neuronas se disparan en grupos y pasan las señales a sucesivas capas celulares; de forma que en milisegundos se genera una ola de asociación global.” Concluye señalando que: *“las propiedades eléctricas intrínsecas de las neuronas y los eventos que resultan de sus respectivas conexiones producen estados resonantes globales del cerebro, originando la conciencia.”* (Singer, 2009, párrafo 10)

²² 1943. Neurocientífico alemán, director emérito del Instituto Max Planck para la Investigación del Cerebro en Frankfurt y director fundador tanto del Instituto de Estudios Avanzados de Frankfurt (FIAS), como del Instituto Ernst Strüngmann (ESI) para la Neurociencia.

Apoyado en lo anterior, es evidente que todos los individuos tienen la capacidad de concebir ideas y existe quienes logran imaginar algunas muy novedosas y buscan ponerlas en práctica, sin embargo, no siempre es posible que todas se lleguen a concretar o a ser realizadas y si lo son, es muy frecuente que en el proceso se pierda la concepción del primer pensamiento formulado, por razones diversas. Una de ellas puede ser la imposibilidad de representar y comunicar eficientemente aquello en lo que se está pensando, aunado al tamiz natural por el que tiene que pasar toda idea, para ajustarse a factores externos como contexto, recursos y a la aceptación del cliente a quien va dirigida la alternativa.

Cuando la idea se limita porque la herramienta a emplear impide el concretar la intencionalidad proyectual primigenia de su autor y su comunicación, está queda atrapada en la imaginación de su creador. Aquí se abren dos posibilidades, la primera es desvirtuar lo previamente concebido y dejar que los recursos que se disponen para este propósito limiten y encajonan la alternativa; la segunda, buscar el recurso que logre concretar esa idea inicial, que da vueltas en el cerebro de quien la concibió.

Quienes han puesto en marcha la segunda postura, son quienes se atrevieron a romper los métodos obsoletos que claudicaban el avance de planteamientos novedosos y atrevidos. Es por ello que debe considerarse que: *“una idea creativa debe romper con paradigmas, éstos son los patrones mentales fijos que establecen la relación y significado de las cosas que se perciben”* [Barrer (1995), Buratti-Valdes (2004) y Humphrey (1992)].

En un modelo mental, existen reglas y límites que indican la manera de observar y concebir al mundo, lo que aplicado al diseño de objetos, demuestra: la estética, la funcionalidad y facilidad de uso de un producto. Un paradigma es el modo de cómo se distinguen los problemas y se realizan juicios. Para que se estime que un proyecto rompe con un

paradigma debe cumplir con tres características, el primero es la excelencia, es decir, que aquello que se propone sea estético, de buena calidad y accesible. El segundo es la anticipación, estar en el lugar y momento adecuado para que esta alternativa sea viable. El tercero es la innovación, crear algo diferente que satisfaga eficientemente una necesidad.

Lograr lo antes mencionado con las herramientas que precedieron a la computadora, no era tarea fácil de realizar e imponía un arduo trabajo de representación que no siempre podía aterrizar en la idea primigenia concebida por el diseñador, sin embargo, los proyectos de una u otra manera se ejecutaban y se lograron objetos arquitectónico dignos de ser admirados y que hasta el día de hoy siguen siendo el referente y modelos idóneos de estudio para nuevos proyectos arquitectónicos.

1.2.2 Comunicación y materialización de la idea arquitectónica.

Para finalmente llegar a transmitir y concretar una idea, el camino que se debe recorrer conlleva a la consideración del entorno en la que quedará implanta. En lo que concierne al mundo de la arquitectura, se requiere del análisis de la realidad como antecedente, y que se considera a lo largo de todo el proceso del proyecto. Esto involucra una reflexión inicial que puede llegar a ser bastante compleja y que precisa el punto de partida para el proceso proyectual.

En ese tenor, el proyecto arquitectónico podría ser entendido como un instrumento de análisis y de conocimiento, que conduce a relacionar la tarea de proyectar con la de aprender, a lo cual se llega mediante una mirada capaz de revelar la esencia profunda oculta detrás de las cosas, para así poder transformarlas. Bajo esa premisa, el mirar es conocer y funge como instrumento de conocimiento y de reflexión, pero también, es activa, creadora y permite tomar conciencia del mundo que rodea al hombre, tanto físico, emocional como intelectual.

En este orden de ideas el entendimiento de la arquitectura reside en el individuo per se, en su biografía, es así como, las ideas que se buscan consolidar para dar respuesta a un problema arquitectónico, proviene del interior de quien proyecta, de imágenes que se han acumulado a lo largo de la vida, muchas de ellas tienen que ver con vivencias y experiencias personales. Al respecto Peter Zumthor, destaca:

“La fuerza de un buen proyecto reside en nosotros mismos y en nuestra capacidad de percibir el mundo con sentimiento y razón. Un buen proyecto arquitectónico es sensorial. Un buen proyecto arquitectónico es racional. Antes de conocer siquiera la palabra arquitectura, todos nosotros ya la hemos vivido. Las raíces de nuestra comprensión de la arquitectura reside en nuestras primeras experiencias arquitectónicas: nuestra habitación, nuestra casa, nuestra calle, nuestra aldea, nuestra ciudad y nuestro paisaje son cosas que hemos experimentado antes y que después vamos comparando con los paisajes, las ciudades y las casas que se fueron añadiendo a nuestra experiencia. Las raíces de nuestro entendimiento de la arquitectura están en nuestra infancia, en nuestra juventud: residen en nuestra biografía” (Zumthor, 2009, p. 55)

Se puede precisar que en el mundo de las ideas, el proyecto de arquitectura es, ante todo, un hecho autónomo afín a un proceso creativo, que va más allá de toda relación causa-efecto y que concebir la acción de proyectar, no sólo como una acción mecánica de la resolución de un problema, sino como un proceso imaginativo que impacta la totalidad del objeto creado. Pensamiento y creación se hallan íntimamente relacionados en todo proceso de proyecto e independientemente de que la arquitectura se concreta a través de sistemas constructivos y materiales, sólo es posible concebirla mediante la construcción del pensamiento.

En esa materialización de la idea, es necesario involucrar dos cuestiones, por un lado, el conocimiento de pautas, reglas y principios objetivables, característicos de la disciplina arquitectónica, pero por otro lado, como todo acto creativo, se requiere desarrollar en relación dialéctica con otro material que no es específico de esta disciplina, ya que forma parte de un mundo personal que es el resultado de la experiencia en el cual el proyecto de arquitectura consiente –en la mayoría de las ocasiones–, su base y/o debe toda su riqueza.

Es de esta manera que el proyecto de arquitectura adquiere valores y significados que la ubican por delante de lo tangible y adquiere una doble dimensión: la racional y objetiva, que evoca el carácter del proyecto como algo fácilmente transmisible, técnico y estable; y lo subjetivo y personal, queda ligado con un mundo íntimo que hace palpable un carácter más intangible, inestable e imprevisible de éste. Ambos, adquieren la misma importancia para concretar una idea en el desarrollo del proyecto. Como expresaría Peter Zumthor:

“El proceso de proyecto se basa en un continuo juego conjunto de sentimiento y razón. Por un lado, los sentimientos, las preferencias, las nostalgias y los deseos que emergen y que quieren cobrar forma deben examinarse por medio de una razón crítica. Del otro, el sentimiento nos dice si las reflexiones abstractas concuerdan entre sí”
(Zumthor, 2005, p. 19)

Para autores como Aldo Rossi, un factor que se juzga como fundamental para los arquitectos y para una teoría de la proyectación, el factor subjetivo, destacando que: *“Así como hemos visto las relaciones entre teoría de la arquitectura y teoría de la proyectación, hemos de ver las relaciones que hay entre una teoría de la proyectación y la aportación subjetiva, si queréis, la autobiografía del artista”* (Rossi, 1971, p. 202).

Desde la óptica de Franco Purini, en su documento titulado *Arquitectura didáctica* subraya que: *“cualquier experiencia de proyectación conoce una fase en que el pensamiento rehúye aplicarse a los datos objetivos del problema, prefiriendo girar alrededor de un área de acumulación de materiales heterogéneos, unidos por analogías o correspondencias”* (Purini, 1984, p. 85). Vale la pena destacar que en torno al proyecto, existe un gran vacío en la investigación arquitectónica, por lo que este mismo autor externa que la arquitectura debía ser no sólo: *“objeto de investigaciones apasionadas, sino también, en un último análisis, el área problemática por excelencia”* (Purini, 1984, p. 87)

Todo proyecto de arquitectura surge de una idea que se va concretando y definiendo durante el desarrollo del proyecto hasta llegar a una primera materialización, cuando se plasma esa idea en algún medio, ya sea para visualizarla y detallarla o bien para transmitirla y compartirla con a alguien más mediante un croquis en un papel o como modelo digital en un ordenador.

La segunda y última materialización, es cuando esa idea ha quedado bien definida y encuadrada dentro de los parámetros de quien la proyecta, de quien la necesita y se apega a las disposiciones del sitio y de la reglamentación que esté vigente, por lo que se puede concretar a través de sistemas constructivos y el empleo de materiales.

Es de este modo, que el propio proceso de proyecto juega un particular protagonismo en la definición y materialización de las ideas. Se puede afirmar que sólo es posible concebir el proyecto de arquitectura mediante la construcción de pensamiento, ya sea dibujado o construido.

En este sentido, resultan clarificadoras las palabras de Víctor López Coteló:

“Yo creo que la arquitectura es pensamiento: la arquitectura está antes en la cabeza que en la materia. Y es un pensamiento que toma cuerpo a través de la construcción. O sea, que la gravedad, la orientación..., son cuestiones ineludibles y que requieren que la idea adquiera un esqueleto, un soporte que es la propia construcción. Son tales las posibilidades materiales que, si no hay previamente una idea clara, no se puede aplicar esa idea a la materia, porque la materia es al final el soporte de la idea” López citado por Seguí (1996, p. 369).

En esta misma tendencia de pensamiento, se ubica el arquitecto español Alberto Campo Baeza, quien habla del compromiso del arquitecto al construir su obra y señala a la arquitectura como una idea construida de la siguiente manera:

“Y vuelve a plantearse cómo poder transmitir con claridad, que lo que los arquitectos hacemos es construir ideas. De que ponemos en pie de la mano de las leyes de la Gravedad y de la Luz, ideas que han sido concebidas con la cabeza, con la razón. Y que en el origen de nuestro pensamiento debe estar la posibilidad de construir esas ideas. De que al construirlas mostrarán toda su verdad. No es la Arquitectura un vano intento de algo inalcanzable que al materializarse pierde gran parte del aliento inicial. Muy al contrario, la culminación de una obra, si la idea es válida suele sorprendernos con un resultado final que nos golpea. Aparece el entonces ¡ojalá! aliento poético, ese “soplo de una aura suave” que algunas veces la arquitectura alcanza y que no está reservado sólo a los dioses. Todo arquitecto sabe bien de qué hablamos” (Campo, 2008, p. 67).

Si bien es cierto que el proceso comunicación y materialización de una idea arquitectónica, como se ha manifestado hasta aquí en este apartado, se encuentra inmerso en los escenarios antagónicos de racionalidad y subjetividad que además, curiosamente se complementan, es una realidad que esas ideas arquitectónicas que se producen, se ven impactadas por el

desarrollo tecnológico, que no cesa de evolucionar dentro de un proceso acelerado que se vuelve sistemático y cada vez más consciente como lo asume Ladrière, Jean²³ (1977, pp. 49-50) cuando expresa que *“la relación estrecha que se ha establecido, en los dos últimos siglos, entre la ciencia y la tecnología”*

Es evidente que la historia de la humanidad, no habría sido la misma de no existir la inter-relación entre el mundo de las ideas y el progreso tecnológico, combinación de factores que ofrecen como resultado la modificación y evolución de las sociedades, que se ha gestado desde el origen del hombre y continúan avanzando paulatinamente.

Desde la prehistoria, el propio desarrollo del ser humano, ha tenido lugar gracias a los adelantos técnicos, por lo que la tecnología se revela como unos de los motores de la evolución del hombre en todos los ámbitos. Sin el desarrollo tecnológico no habría avance integral. Por lo tanto, cabría esperar, que la lógica del desarrollo de la ciencia y de la técnica fueran al menos, parcialmente equiparables, y que la comprensión de la lógica del desarrollo científico diera la pauta para entender la naturaleza del desarrollo tecnológico. En una línea de tiempo se pueden identificar los diferentes medios que los individuos de diversas culturas y en distintos periodo, han sido empleados para comunicar y finalmente materializar una idea.

En el lapso que existe entre formulación de la idea primigenia, concebida por un arquitecto como solución viable a una problemática y la viabilidad de concretarla, es posible que se desvirtué por múltiples razones, y es ahí donde se presenta la interrogante; ¿qué tanto el resultado final se puede aproximar a la idea original que se formuló?, por lo tanto, el siguiente apartado aborda esta inquietud.

²³ 1921-2007 Filósofo belga. Fue profesor de la Universidad Católica de Lovaina, de 1959 a 1986, donde fue presidente del Instituto de Filosofía de 1977 a 1985

1.2.3 Qué tan cerca se llega del objetivo.

De acuerdo con los estudios que el neurocientífico y profesor alemán Wolf Singer ha desarrollado, y de su hipótesis en donde señala que los numerosos y ampliamente distribuidos sub-procesos que constituyen la base de las funciones cognitivas y ejecutivas, están coordinados y unidos por una precisa coordinación temporal de la actividad neuronal oscilatoria, y que este proceso está presente en todo individuo, se puede decir que todos los individuos generan ideas para solventar problemas de diferente naturaleza y grado de dificultad.

No obstante, no todos concretan o materializan estas ideas y es posible imaginar que quienes lo hacen, tampoco llevan a la práctica absolutamente todas sus ideas por diversas razones. De alguna manera, está ligado a la disciplina y compromiso que algunos tienen para llevar el pensamiento inicial a su aplicación en la realidad. Asimismo, se requiere de estrategias que involucran ciertas conductas u operaciones mentales que implican aprendizaje y que está relacionado con una meta.

En ese contexto, también es viable que la generación de ideas y el poder concretarlas, muy próximo a lo que se formuló en el cerebro, tenga estrecha relación con la velocidad a la que un individuo procesa la información. Esa rapidez de procesamiento, es uno de los principales elementos del proceso cognitivo, por lo que resulta un elemento clave en el aprendizaje y rendimiento académico, en desarrollo intelectual, razonamiento y la experiencia. Esta habilidad cognitiva se puede definir como el tiempo que le lleva a una persona hacer una tarea mental.

La velocidad de procesamiento se refiere entonces a la prontitud en la que una persona capta y reacciona ante la información que recibe, ya sea por vía visual, auditiva, u otro canal. Es decir, la rapidez del método, es el tiempo que se tarda un ser pensante entre que se recibe el estímulo y se emite una

respuesta, asimismo, implica la capacidad de realizar con fluidez las tareas fáciles o ya aprendidas.

En ese escenario, puede entenderse que en la medida en que se formulan ideas en conjunto con la habilidad que se tenga de reaccionar a ciertos estímulos, se puede llegar a la meta propuesta, no obstante, la materialización de esa ideas es probable que se encuentre muy lejos de lo que originalmente se ideó en el imaginario, y la razón es multifactorial, ya que inciden diversos aspecto como: limitaciones para poder representarlo, producirlo y entenderlo. Muestra de lo anterior es el periodo primitivo, donde la información que se tenía surgía de la experiencia del hombre luego de un arduo proceso de observación, por lo que aunque las primeras ideas fueran ingeniosa se vieron materializadas de manera muy burda, limitadas por ese conocimiento empírico, por la nula tecnología y por la precariedad de los materiales.

El paso del tiempo fue dotando de nuevos saberes y la evolución de la tecnología catapultó las posibilidades, a tal grado que hoy todo es posible, alcanzándose niveles inimaginables donde se potencializa la idea original y se pueden obtener formas complejas a partir del respaldo de las herramientas digitales que se tienen. En esa línea de pensamiento, Farid Mokhtar Noriega²⁴ expresa, lo siguiente:

“Las nuevas tecnologías, ofrecen al individuo creativo, los medios técnicos necesarios para: desarrollar su actividad investigadora, formular propuestas creativas y comunicar los resultados. Se requiere un aprendizaje complejo y permanente, para convertirlas en el asistente inteligente de la persona creativa. La tecnología podría potenciar la capacidad del individuo creativo, si se integra de forma

²⁴ Doctor Arquitecto. Especialista de Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a las actividades de Captura de la Información del Medio Físico mediante fotografía y escaneo tridimensional.

correcta en la actividad creativa; si esta es empleada de forma inadecuada, generaría largas cadenas de errores y produciría un efecto negativo.” (Mokhtar 2009, p. 6)

Por lo tanto, si bien es cierto que la tecnología facilita el trabajo, también aproxima considerablemente a las ideas originales, y gracias a ella es posible acercarse al objetivo planteado con cierta inmediatez, aquí hay que puntualizar que tampoco es la panacea, requiere de ser operada por un individuo capaz de utilizarla con habilidad para no desvirtuar la idea primigenia de su proyecto y potencializar el resultado, valiéndose de la herramienta digital.

No obstante, *“La ciencia y tecnología es la plataforma de la innovación como base de competitividad y futuro de una organización.”* (Barrios et. Al., 2009, p. 58), escenario en el cual resulta indispensable la actualización y el empleo de las nuevas herramientas, para lo cual el primer paso, es el cambio de actitud ante lo que se vislumbra inminente. Al respecto, Alejandro Serrano Caldera²⁵, señala lo siguiente:

“No cabe duda que los avances de la tecnología no solo han cambiado la sociedad, sino que paulatinamente han venido creando un nuevo mundo al transformar las categorías fundamentales que componen la identidad del sujeto y de la colectividad, y modificar las prácticas de las personas y el contexto, medio o circunstancia en que estas se realizan.” (Serrano, 2016, párrafo 2)

Esta precisión, conduce a evidencia lo imperante que resulta en la actualidad apostar hacia un cambio de pensamiento, tópico a tratarse en el siguiente apartado.

²⁵ Jurista, filósofo y escritor nicaragüense, nacido en Masaya, Nicaragua. Profesor Universitario desde 1965. Profesor Visitante y Conferencista en universidades de Europa, Estados Unidos y América Latina. Colaborador de Revistas y Enciclopedias filosóficas y jurídicas.

1.3 Cambio de pensamiento.

La historia de la humanidad ha estado inmersa en revoluciones, levantamientos y sublevaciones que pretendían dar un cambio positivo a la evolución de la especie. Estos ajustes violentos, han puesto la marcha de la humanidad hacia una transformación inexorable que parece no tener fin.

La fuerza que ha movido siempre a la humanidad es el pensamiento. El hombre actúa de acuerdo con sus pensamientos, pero a medida que surgen los nuevos retos que impone en la vida cotidiana, en el mundo laboral y científico, a causa de la tecnología vigente, precisa de nuevas formas de enfrentar los desafíos y esto conlleva a entender que se deben abordar de manera diferente, por tanto, se requiere de hacer un trabajo mental sumamente arduo, que propicie cambiar el patrón de pensamiento y aceptar que la realidad exige de soluciones vanguardistas que estén en condiciones de ser la respuesta al problema actual.

Si se asume que el pensamiento es la mayor fuerza del universo, crea, modifica, mejora y en el peor de los casos es capaz de destruir las civilizaciones, pugnar por redireccionar el rumbo puede hacer la discrepancia que permita escribir la historia de manera diferente, no obstante, ello depende del cambio de pensamiento de los grupos sociales, lo que implica romper paradigmas para implementar nuevas estrategias.

Hablar de un cambio de paradigma, es entender que este concepto epistemológico posibilita una mirada diferente del hombre, las sociedades el mundo e incluso el universo. Este abordaje paradigmático puede interpretarse siguiendo las conceptualizaciones que hiciera Thomas Kuhn en 1971, quien define así el concepto: *“Considero a los paradigmas como realizaciones científicas universalmente reconocidas que durante cierto*

tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”

Cuando un paradigma se encuentra instalado y activo en el cerebro colectivo de una sociedad, se procesan los mismos pensamientos repetidamente todo el tiempo, por lo tanto, lo que se producirá a partir de dichos pensamientos, se tornará automático, inconsciente, rutinario y familiar; en consecuencia, las respuestas ante los problemas, se tornan también automáticos e inconscientes, carentes de innovación y sin posibilidad de modificarse para ser más eficientes. Al respecto Albert Einstein, certeramente expreso: *“Una locura es hacer la misma cosa una y otra vez esperando obtener resultados diferentes. Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo”*.

Definitivamente para romper paradigmas, es menester analizar la actitud que normalmente se tiene registrada en la mente y posteriormente buscar alternativas que generen un cambio benéfico en el rumbo de las cosas y de la existencia, haciendo todo lo que esté al alcance para modificar el patrón de conducta establecido que ha caído en la obsolescencia y ya no es operativo ni tan productivo, y así superar las fronteras preestablecidas.

Lo anterior no tendría mayor relevancia si no fuera porque la realidad, a diferencia de los arquetipos que se tiene, no es estática y se encuentra en transformación constante. Cambiar o romper paradigmas, significa modificar la manera de hacer las cosas y aquellos que se atreven a hacerlo, son los que se adaptan mejor a los cambios y en consecuencia, tienen mayores posibilidades de éxito.

1.3.1 Caracterización del pensamiento hacia el diseño.

Con frecuencia se ha descrito el diseño como solución innovadora a problemas, o bien como el proceso de convertir las ideas en realidad y ser el

medio por el cual se puede hacer que el mundo sea un lugar mejor. No obstante, existe una variedad de definiciones de este concepto, que se asocian en función de la naturaleza de su causa y de las formas de su práctica, con lo cual se conducen a la generación de múltiples mensajes, objetos, espacios, etc., con las características y destinos acordes a necesidades específicas del hombre, por lo que la especialización le ha dividido en distintos ámbitos y disciplinas, como puede apreciarse en la Figura N° 7.

Mediante los análisis de varias cosas icónicas y cotidianas que rodean al individuo, es viable llegar a entender conceptos tales como: el pensamiento innovador, estrategia de proyecto, investigación de diseño, y el proceso del creativo. A continuación serán abordados los componentes principales del pensamiento de diseño para comprenderlo mejor.

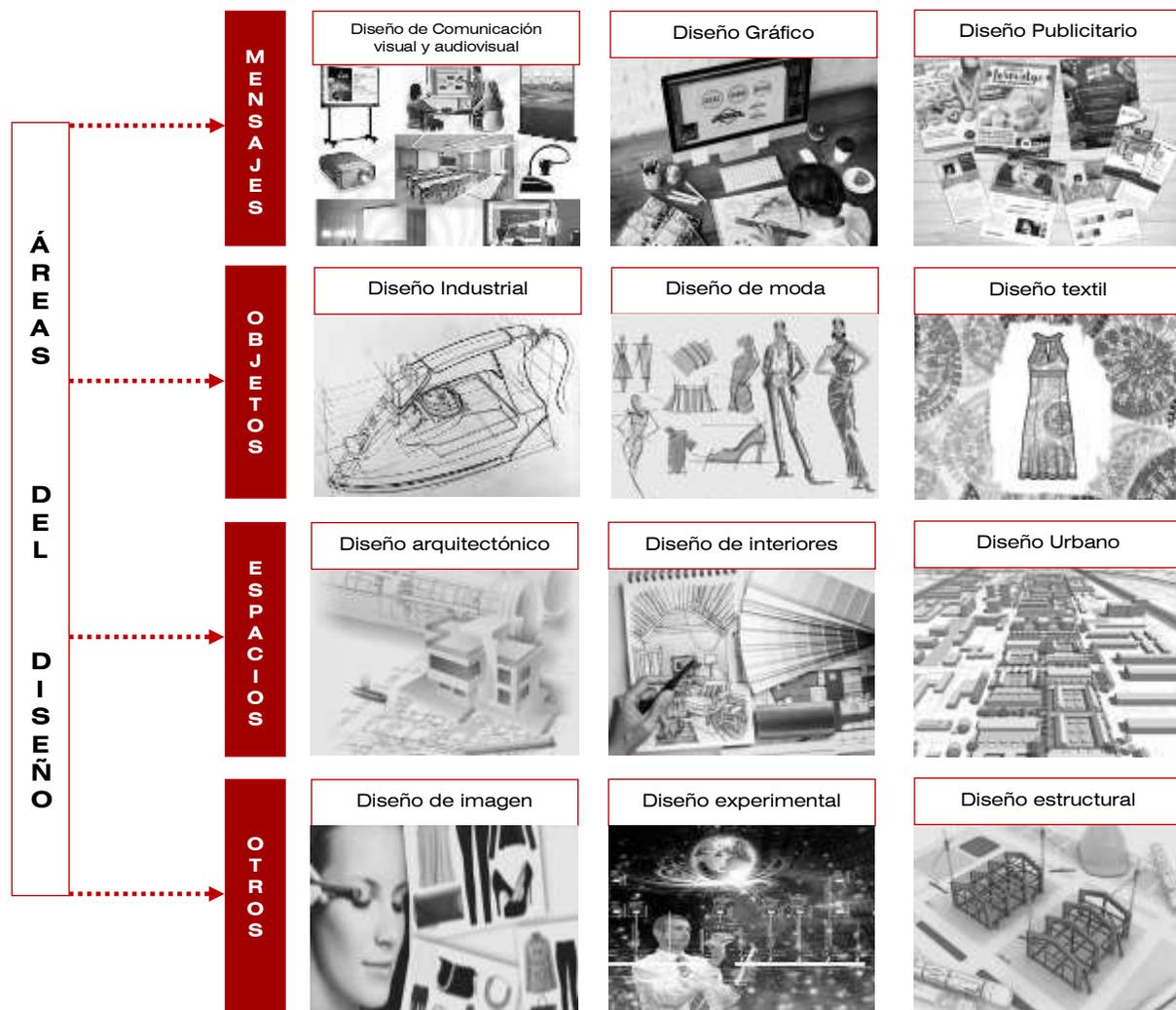
El primer principio de la capacidad creadora es la empatía, que es una forma de sensibilidad que hay que tener presente, porque significa que los diseñadores, no sólo deben de pensar en ellos cuando están ideando algo, también es necesario que lo hagan en las personas para quienes va destinado aquello que se está diseñando.

Y se puede expandir esto, más allá de las personas, también hay que incluir a los organismos que coexisten con el hombre. Así, que la clave es, que las personas se visualicen como parte de una red, ya que se comparte este planeta con millones de especies y son igual de importantes que la humanidad en la tierra. Eso es lo que significa empatía, no sólo pensar en uno, sino también en todas las especies con las que se coexiste en el planeta. Eso es un punto importante del pensamiento de diseño.

Otro principio del pensamiento de diseño, es la integración. En otras palabras, cuando se piensa en el cerebro y como funciona este, se sabe

que los hemisferios tienen asignadas tareas muy específicas, el lado izquierdo es responsable por las funciones relacionadas a la lógica, a las habilidades verbales, los pensamientos analíticos. Si analiza el lado derecho, se detecta que está considerado como el responsable de generar la imaginación, la creatividad, las emociones, etc.

Figura N° 7. Disciplinas en las que interviene el diseño.



Fuente: Figura estructurada por la autora (2018)

Lo que el pensamiento innovador logra, es utilizar ambas parte del cerebro. Como diseñador, se requiere de estar al tanto y familiarizarse con el pensamiento lógico, así como con el verbal, analítico, etc. y de igual forma se tenga la habilidad de cambiar de un modo a otro y aplicar la imaginación y la creatividad para conseguir diseños originales. Y lo importante es utilizar todo el cerebro para pensar. Hay ocasiones en que en ese proceso se emplea más del lado izquierdo y otras en las que necesitas del lado derecho del cerebro. No obstante, el pensamiento de diseño conlleva utilizar ambos hemisferios.

El tercero; es que el pensamiento de diseño es repetitivo. Lo que esto significa es que no se le puede visualizar o concebir como un proceso lineal. No es algo que comienza y luego termina. No conlleva un proceso del cero al cien o de la A, a la Z. Lo que comúnmente sucede es que este proceso comienza desde un punto, en el que se piensa en una solución y en el camino se descubre que resulta imperante llevar a cabo una investigación, la cual se hace para proseguir con el diseño, y continuar investigando para seguir avanzando e intentar algo nuevo y proseguir en una espiral de cambios y ajustes inherente a esta etapa.

Por ende, el diseño es un proceso de rehacer una y otra vez complementando y perfeccionando la propuesta, trayecto en el que es común entrar en contradicciones que orillan a replanteamiento y modificaciones. Por eso, no es un proceso lineal. Es un punto importante para tener en mente que el diseño es intuitivo²⁶, pero se nutre de conocimiento técnico y de referentes.

²⁶ La intuición es, según el diccionario de la RAE, 'la facultad de comprender las cosas instantáneamente, sin necesidad de razonamiento'. Así, un buen diseño o un diseño intuitivo es, de alguna manera, capaz de hacernos comprender su dinámica o funcionamiento de forma inmediata. Incluye, como dice John Maeda, «**un sentido de familiaridad**». Consultado el 15 de febrero de 2018 en <https://www.fundeu.es/escribirenternet/de-que-hablamos-cuando-hablamos-de-intuicion/>

Es un proceso que paso a paso lleva desde la necesidad del problema, a la solución final o la respuesta última. Es importante pensar en el diseño con esos términos que permitan al arquitecto intentar algo y seguir hacia adelante y/o retroceder un poco, intentarlo de nuevo y continuar para sacar el máximo provecho de ese acto exploratorio.

Al respecto Tim Brown²⁷, expresa lo siguiente relativo al pensamiento de diseño es optimista:

“A diferencia de lo que opina la mayoría no es necesario que los pensadores del diseño hayan egresado de una escuela de diseño ya que muchas personas poseen características que los convierte en excelentes profesionales en el área, las cuales son: empatía, pensamiento integral, optimismo, capacidad de colaborar y satisfacción por experimentar ya que éstas son la base para que se produzca la innovación. Muchos individuos tienen ya estos atributos, lo interesante es que no es una limitante no contar con ellas ya que se pueden desarrollar en cualquier persona que tenga la actitud de aprender.” Brown, T. citado por Ovalle et al (2013, p. 7)

Por lo tanto, todo diseñador está de alguna manera obligado de ser optimista, en especial cuando analizan un problema, porque al final de lo que se trata es de tener en mente que se va a encontrar la solución más conveniente, por lo tanto los diseñadores deben de ser positivos y sin importar el problema, siempre habrá una solución.

Y no sólo una solución, sino múltiples soluciones entre las que se puede seleccionar la mejor, por lo tanto el pensar positivamente es una parte crucial del diseño. Aunque también, hay que recordar que el pensamiento

²⁷ Presidente de IDEO, una empresa de innovación y diseño con su casa matriz en Palo Alto, California. Sus diseños han ganado numerosos premios y se han exhibido en el Museum of Modern Art en Nueva York, Axis Gallery en Tokio y el Design Museum en Londres. Consultado en Design Thinking. Harvard Business Review América Latina BROWN, T. (2008, p. 9)

de diseño es escéptico, ya que en su desarrollo siempre ronda en el cerebro la pregunta: ¿Por qué? el cuestionar todo, conduce a corregir fallas y a ver otras posibilidades. Cuándo se encuentra una situación favorable, surge la inquietud de trabajar en ella y realizar todas las mejorías posibles.

La intención de cambiar a situaciones preferidas, primero requiere de dar respuesta a la pregunta, ¿Por qué se ve de esa manera? y ¿Por qué funcionará mejor? Únicamente cuando se comienza a preguntar la existencia de algo, es cuando se puede pensar en una solución más viable, en un nuevo diseño, en una nueva fórmula de dar respuesta el problema.

Por tal motivo, hacerse cuestionamientos sobre todo lo que rodea al individuo y como se compone lo que se está diseñando, es un ejercicio sano y forma parte esencial del pensamiento de diseño.

De lo abordado hasta aquí, se pueden señalar que los principios fundamentales del pensamiento de diseño:

- Que el diseño es empático, (involucre la empatía).
- Se mencionó que es integrador, (une ambos hemisferios del cerebro).
- Es repetitivo, (pasamos por el proceso una y otra vez).
- Es optimista y escéptico (estar seguro de que se va a obtener la mejor solución, pero cuestionarse a cada paso que se de en el desarrollo de la propuesta).

Cabe destacar que todos lo que se involucran en procesos de diseño (industrial, gráfico, arquitectónico, etc.) pasan ineludiblemente por las etapas antes descritas, sin importar si los procesos son más lentos o rápidos, o si el grado de dificultad es más elevado o de menor grado.

De igual forma, están expuestos a la aparición de las nuevas tecnologías que invariablemente impactarán en sus procesos de pensamientos y por ende en los resultados finales de su trabajo. En ello, radicará que tanto están a favor y en contra del empleo de las tecnologías emergentes; aspecto al que se tratará a continuación.

1.3.2 Aceptación y/o rechazo de nuevas tecnologías en los procesos de pensamiento.

Como se detalló en el apartado *1.1 Génesis y evolución del pensamiento*, la tecnología ha estado presente a lo largo de la historia en todos los ámbitos de la vida del hombre. De una manera u otra, casi todas las actividades que realiza este, implican la utilización de algún dispositivo tecnológico.

Cabe señalar que la noción de tecnología está vinculada al conjunto de los conocimientos que permiten fabricar objetos y modificar el medio ambiente, lo que se realiza con la intención de satisfacer alguna necesidad. Puede entenderse entonces a la tecnología como la aplicación práctica del conocimiento gestado por la ciencia.

No obstante, cuando la innovación logra detonar una nueva tecnología surge en el escenario, el proceso de aceptación de un grupo social, normalmente no es contundente ni inmediato, esto suele provocar determinado rechazo en los individuos; reacción que resulta bastante lógica ante algo que es desconocido para la mayoría y por prometedor que sea, siempre se pugna por continuar en la zona de confort que ofrece lo que ya es familiar y se domina, porque además se considera que funciona bien y no hay necesidad de alterarlo introduciendo algo que perturbe los procesos que ya se tienen, por lo que se desdeña la idea de que otro método, sistema o herramienta tecnológica pueda funcionar mejor.

Por lo tanto, para que la aceptación de la nueva tecnología se consolide, tiene que pasar por un proceso de convencimiento y ser sometida al riguroso escrutinio de quienes la rechazan para corroborar su efectividad.

En este trayecto, normalmente se presenta un fenómeno de segregación donde se delinear perfectamente dos grupos, los cuales se encuentran separados por una marcada brecha generacional que deja en un extremo a las nuevas generaciones que aprenden y aplican rápidamente todos los nuevos procesos que aparecen en el escenario, por lo que están dispuestos a asumir el cambio como algo natural y no necesitan ser convencidos de que la tecnología agiliza de manera significativa las tareas para desarrollar un proyecto integral, pues pertenecen al tiempo donde surgió esa tecnología, por lo que la asumen con naturalidad.

Según Tapscott y Williams (2007); la nueva generación se caracteriza por:

“a) La rápida difusión de técnicas y estándares de buenas prácticas, b) La estimulación de nuevos híbridos y recombinaciones tecnológicas, c) La disponibilidad de competencias Just-in-time y de herramientas de investigación cada vez más efectivas, d) Unos ciclos más rápidos de retroalimentación del conocimiento público sobre la empresa privada, posibles gracias a unas redes universidad-empresa más ágiles y, e) Unos modelos cada vez más horizontales y distribuidos de investigación y de innovación que incluyen una mayor apertura de los conocimientos, las herramientas y las redes científicas.” (Tapscott y Williams, 2007, p. 235)

Mientras que el extremo opuesto, se ubican los expertos que ha forjado una trayectoria al paso del tiempo empleando los recursos tecnológicos característicos de su época y los años de experiencia, así como la adquisición de un conocimiento consolidado que les permiten emitir soluciones certeras, sin embargo, el rechazo a adoptar una nueva

tecnología, la renuencia a un cambiar de pensamiento y adquirir nuevos saberes, les coloca en un nulo o muy bajo conocimiento y manejo de los sistemas tecnológicos modernos como los softwares que dan la pauta al trabajo colaborativo.

Aquí es indispensable señalar en el lenguaje coloquial, que el concepto de nueva tecnología se vincula con la tecnología informática, que es aquella que posibilita el procesamiento de información través de medios artificiales como las computadoras y todos los dispositivos contemporáneos.

Este grupo, resulta el más difícil de permear por la nueva tecnología, pues su arraigo y postura es inquebrantable ante su creencia que lo de antes era mejor y que su manera de hacer las cosas es la correcta.

El inconveniente principal, es su renuencia a aceptar actualizarse, por lo que surgen dos posibles escenarios para este grupo: quienes finalmente se convencen después de mucho tiempo de observar con hechos cómo se desarrolla la aplicación de la tecnología y las mejoras que esta ofrece, pero que no se sienten con la motivación y energía para incorporar en sus vidas esa nueva manera y/o herramienta tecnológica para resolver los problemas inherentes a su trabajo o quehacer cotidiano, por lo que optan por retirarse y ceden el paso a las nuevas generaciones, -situación que resulta lamentable, pues en esa decisión, se pierde el cúmulo de experiencia que tiene el individuo-.

El otro posible escenario es donde las generaciones mayores, aunque con mucha renuencia, terminan por aceptar el cambio y están dispuestos a aprender de las generaciones jóvenes, aunque su incorporación en el uso de la nueva tecnología resulte tortuosa y a paso muy lento. No obstante, van descubriendo las bondades que ofrece la tecnología, el amplio espectro que cubren y aprenden a ver con otros ojos algo que en un inicio les provocó

rechazo, como complemento de esto, Michael Crichton²⁸ manifiesta lo siguiente:

“Tampoco debemos olvidar otra posibilidad: podría ser que la esfera encerrara algún extraordinario beneficio para nosotros. Algún maravilloso conocimiento nuevo, alguna idea nueva, una tecnología superior, algo que nos deje atónitos y que mejore las condiciones de vida de la especie humana, algo que supere nuestros sueños más fantásticos.” Disponible en <https://akifrases.com/frase/194545>. Consultado el 17 de septiembre de 2016.

Cuando se confrontan los dos grupos en los que se divide la humanidad al aparecer una nueva tecnología, es inevitable ver que ambos tienen debilidades que se pueden subsanar y fortalezas que son viables de explotar si se llega a un concilio entre las dos partes.

Al respecto, se puede precisar, que aquellos que tienen habilidad para los medios computacionales y se encuentran a la vanguardia de la tecnología, carecen de los criterios necesarios y no cuentan con la experiencia suficiente para afrontar los retos de una obra compleja y emitir soluciones acertadas que den respuesta óptima a los problemas inherentes a este quehacer; mientras que los veteranos, cuenta con todo el bagaje, y experiencia que les ha dado la práctica de su larga vida profesional, sin embargo, tienen un nulo manejo de la tecnología contemporánea.

Desde ese enfoque, es claro que esta discrepancia, fractura la posibilidad de avanzar más rápido, y es evidente que causa muchos estragos, al

²⁸ 1942-2008 Fue un médico, escritor y cineasta estadounidense, considerado el iniciador del estilo narrativo llamado tecno-thriller

respecto Alberto Laris, Director y socio de la constructora Gaya²⁹ afirma lo siguiente:

“Lo difícil es encontrar un perfil que tenga conocimiento del manejo de Revit pero también el manejo de costos y procesos constructivos, alguien que sepa en forma integrar de obra, costos el mismo tiempo que sea muy analítico”, agrega también que la constructora Gaya buscó: “...estar a la vanguardia e innovar en el proceso de la realización de proyectos... metodología que trajo ahorros” (Laris citado por López, 2017, p. 134)

Es posible corroborar lo anterior con los beneficios que se han obtenido en otros lugares con la aplicación de la tecnología como requisito para el desarrollo de proyectos. Por ejemplo, el Reporte Anual Nacional de 2016 de National Building Specification (NBS), basado en el Reino Unido, que cita López, J. (2017, p. 134), señala que: *“63% de proyectos donde se utilizó BIM tuvo una reducción del 33% sobre el costo inicial”*

En la actualidad las tecnologías de la información como las redes, dispositivos y programas de computación, se utilizan en una amplia variedad de espacios de trabajo, el ámbito de la arquitectura no es ajeno a esta situación; diversas herramientas para el apoyo del proceso enseñanza-aprendizaje, están surgiendo hacia una comunidad de usuarios necesitados de optimizar sus procesos, pero la tarea es ardua aún para encontrar un punto de acuerdo entre los que están a favor de involucrarse y quienes aún no aceptan este cambio de pensamiento.

Es evidente que las nuevas tecnologías en general, están introduciendo cambios revolucionarios en las actividades educativas, laborales y lúdicas. El

²⁹ Una de las firmas líderes de pre-construcción y construcción en México que decidió adoptar la metodología BIM. Artículo: *La construcción sigue en otra era tecnológica* (López J. 2017, párrafo 1) Disponible en <https://www.pressreader.com/mexico/obras/20170515/282656097378760> Consultado el 18 de marzo 2018

uso eficiente, de los medios informáticos, las tecnologías colaborativas y el trabajo en red, ofrece nuevas ventajas competitivas a los individuos inmersos en procesos creativos como la arquitectura.

Convertir las nuevas tecnologías en el agente inteligente que ayudará a encontrar una salida eficiente para los problemas actuales y el escenario en que el hombre está inmerso, exige la adopción de actitudes y aptitudes distintas.

Es lamentable que nuestro país aún presente tanto rezago y que sólo una cantidad diminuta de despachos empleen la plataforma BIM, pese a que ha demostrado enormes beneficios. No cabe duda que hay mucho por hacer y la tarea resulta ardua, si no se opta primero por un cambio de pensamiento y se da el primer paso para romper paradigmas y se logra la incorporación de una nueva manera de resolver los problemas, acoplándose a la tecnología de vanguardia.

Por otra parte, se tiene que trabajar fuertemente la capacitación y actualización, en aras de cerrar la enorme brecha que prevalece entre los que cuentan con la experiencia en diseño, construcción, coordinación y supervisión de obra, pero que carecen de dominio de las herramientas tecnológicas como la plataforma BIM y los que son sumamente hábiles con los programas de cómputo, pero no tienen experiencia o criterio para resolver los problemas que presenta normalmente un proyecto o una obra.

La velocidad a la que se demandan en la actualidad soluciones eficientes en el mundo de la arquitectura y construcción, constituye un fuerte aliado que invariablemente conducirá a que una mayor cantidad de arquitectos, constructores e ingenieros, adopten esta nueva metodología en México y que acabe por convertirse en un requisito, como ya lo es en otros países.

1.3.3 Pensamiento complejo y la formulación de ideas arquitectónicas.

En el largo recorrido de la evolución del hombre, queda inmersa la transformación del entorno, donde se pasa por una infinidad de soluciones espaciales que satisfacen momentáneamente al hombre de cada época, destacando que la búsqueda no ha cesado.

Lo anterior ha dado como resultado la generación de un pensamiento cada vez más complejo que directamente obedece también al proceso evolutivo, no obstante, en el renglón de la arquitectura resulta muy curioso, la manera en que se puede interpretar en las obras de diversas épocas, la formulación de soluciones arquitectónicas que se pueden visualizar abstractamente, y encuentran fundamento en los planteamientos de la cabaña primitiva.

Apegado a esto, es en 1753, que el religioso jesuita francés, destacado hombre de letras y teórico de la arquitectura, Marc-Antoine Laugier, considerado el padre del Naturalismo, publica de manera anónima, el *Essai sur l'architecture*, el cual plantea lo siguiente. “el retorno a la Cabaña Primitiva, la esencia de la simplicidad arquitectónica para el autor, como manera de hacer avanzar la arquitectura, de renovarla o depurarla de sus errores.” Disponible en: <http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/2013> Consultado en mayo de 2017, párrafo 2.

Este documento enfatiza que las diferentes civilizaciones se determinan por el punto donde establecen su origen, por lo que muchos arquitectos coinciden en determinar que el comienzo de la arquitectura inicia con la morada primitiva, es decir la cabaña, lo que hace complejo asimilar por qué tantos tratadistas han empleado tanto tiempo de su talento en trabajar sobre este mito.

Precisamente, si esta respuesta se pudiera localizar en la definición de D'Alembert, quien no era arquitecto, sino matemático y filósofo, unos años más joven que Diderot³⁰, con una extensa cultura, una enorme capacidad de abstracción y aguda capacidad para realizar reflexiones contemporáneas de Laugier, se puede identificar que:

“El mito de la Cabaña Primitiva remite, de un modo inmediato, a los valores simbólicos y representativos de la arquitectura, inherentes a su propia construcción. Y es en este aspecto que este mito es superior a la consideración de la agricultura, que implica un segundo momento de reflexión sobre la propia obra para descontextualizarla y convertirla en paisaje.” Consultado en mayo de 2017, párrafo 4. Disponible en <http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/> 2013,

Asimismo, para Vitruvio, el hombre presenta características físicas únicas, intelecto y espíritu. Por lo que es partir de estos tres rasgos que está preparado de encuadrar la arquitectura. El hombre es capaz de observar, de imitar y de abstraer. De igual forma destaca dos cosas:

“La primera, es hablar de las circunstancias geográficas de las construcciones: la arquitectura primitiva pertenece a un lugar y a un clima, y, si se mueve tan sólo unos kilómetros, ya es radicalmente diferente. La segunda, es no hablar de forma. Estructura, clima, necesidad el agua y alojar el fuego” Consultado en mayo de 2017, párrafo 8. Disponible en <http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/> 2013,

Aunque esta postura es contundente, no cuenta con ilustraciones, es Claude Perrault³¹ quien se encargará de ilustrar el documento de Vitruvio, que conduce a la primera edición de los X Libros corregidos e ilustrados, que

³⁰ (1713-1784) fue una figura decisiva de la Ilustración como escritor, filósofo y enciclopedista francés.

³¹ (1613-1688) célebre arquitecto, físico, mecánico, médico y naturalista francés, miembro de la academia de Ciencias.

son obligados de consultar por todo arquitecto. Asimismo, en 1683, este autor, concluye también la “Ordonnance des cinq espèces de colonnes selon la méthode des anciens”, Libro, en el que Perrault reivindicará el origen de los órdenes no en la voluntad de imitar la naturaleza, sino en la fantasía del Hombre.

Tal como se advierte hasta este momento, son varios los aportes y muy nutrida la literatura que existe, en torno a la génesis y evolución del pensamiento, no obstante, resulta conveniente entender la relación que guarda el desarrollo lógico del individuo y los procesos cognitivos que este realiza a partir del empleo de las tecnologías enfocadas al diseño.

Lo anterior da pauta a abortar las teorías y planteamientos de quienes se han dedicado a estudiar la manera que el hombre adquiere el conocimiento, lo cual será atendido en el siguiente punto.

1.4 Proceso cognitivo.

En los segmentos anteriores queda evidenciado cómo se han desarrollado los procesos cognitivos del hombre en diferentes momentos de su existencia y la manera en que estos han tenido repercusiones en la toma de decisiones y en la manera de idear respuestas para avanzar. Lo que en consecuencia ha conducido a que el hombre se reinvente, mute y transforme hasta llegar al individuo pensante que es en la actualidad.

Este proceso se convirtió en una espiral ascendente y evolutiva, en donde a medida que alguien adquiriría más conocimiento derivado del ensayo-error y perfeccionamiento de sus respuestas, se propiciaron soluciones innovadoras que le catapultaron a producir nuevas tecnologías, logrando que el empleo de estas, se hayan convertido en un detonante que conduce

a la obtención de un mayor espectro de posibilidades que son cada vez más eficientes y variadas para la resolución de problemas, potenciándose así su capacidad de pensamiento.

Si esta evolución ha logrado que el hombre llegue a niveles cognitivos inimaginables, la realidad es que aun en la época actual, el cerebro de la especie humana resulta inmaduro al nacer. Esta característica le provee de una gran plasticidad que posibilita el modelado de estructuras y funciones a lo largo de la vida, y capacita al ser humano para adquirir conocimientos durante un largo período de tiempo.

Al parecer, la gran capacidad de adaptación de los humanos –desde su origen hasta el día de hoy- a las diversas circunstancias a las que se ven expuesto a lo largo de su vida, se debe a esta posibilidad de modificación estructural y funcional del cerebro, a partir de los conocimientos que va adquiriendo y las experiencias vividas. En ese sentido, la adaptación al medio, que incrementa la probabilidad de supervivencia como especie, es más eficaz cuando se es capaz de extraer información veraz y útil, y para ello es necesario que los mecanismos receptores y los sistemas perceptuales funcionen correctamente.

En este punto, es viable señalar entonces que el proceso cognitivo se entiende como los procesos de pensamiento y en la conducta que refleja el hombre. Al conjunto de procesos mediante los cuales la información sensorial entrante (input³²) es transformada, reducida, elaborada, almacenada, recordada o utilizada se le denomina cognición (de cognoscere, conocer; (definición de Neisser³³, 1967). Luego de que el

³² Todo lo que el mundo exterior proporciona a un sistema, en particular a un ordenador, que puede consistir en señales, datos o programas. Disponible en: <https://es.thefreedictionary.com/input> Consultado el 2 de mayo de 2018

³³ (1928-2012) Psicólogo alemán, de la Universidad de Harvard. Conocido por su contribución al desarrollo de la denominada Psicología cognitiva, y al estudio de la memoria. Se cuenta entre los

individuo procesa un conjunto de datos determinados, es capaz de formular las posibles respuestas a cualquier situación que se le presente (output³⁴). Lo antes descrito es muy similar a los procesos que se han ido implantando en las computadoras.

Retomando el proceso evolutivo de la cognición humana, existen numerosos autores –particularmente psicólogos– que han estudiado la manera en la que el ser humano adquiere conocimiento. Dos de los más destacados son Jean Piaget³⁵ y Lev Semianovitch Vygotsky³⁶, cuyos planteamientos teóricos, se exponen en las siguientes Tabla N° 4 y N° 5 que se presenta a continuación.

Como se puede apreciar en la Tablas N° 4, ambos psicólogos hacen planteamientos que busca el entendimiento de la forma en que el hombre adquiere conocimiento, no obstante, las suposiciones básicas de la teoría de Piaget y la de Vygotsky, aunque coinciden en que el individuo debe construir mentalmente el conocimiento, muestran importantes divergencias que se manifiestan de manera más clara en la Tabla N° 5.

En relación a esta precisión, en los segmentos anteriores, se ha manifestado –en otras palabras– esta idea y cómo, además, el hombre primitivo construyó un conocimiento muy elemental que se ha venido incrementando y complejizando en la época actual hasta llegar a la tecnología digital. Tal es el caso de la plataforma BIM, para el sector de la arquitectura, ingeniería y la construcción.

primeros en popularizarlo a través de su obra “Cognitive Psychology” (1967). Disponible en: <https://robertocolom.wordpress.com/2012/03/14/ulric-neisser/> Consultado el 2 de mayo de 2018

³⁴ Concepto de la lengua inglesa que ha sido incluido en el diccionario de la Real Academia Española. El término es de uso frecuente en el ámbito de la informática para referirse a los datos resultantes de un proceso. Disponible en: <https://definicion.de/output/> Consultado el 2 de mayo de 2018

³⁵ (1896-1980) Psicólogo constructivista suizo, cuyos estudios sobre el desarrollo intelectual y cognitivo del niño ejercieron una influencia trascendental en la psicología evolutiva y en la pedagogía moderna. Disponible en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/piaget.htm> Consultado el 2 de mayo de 2018

³⁶ (1896-1934) Psicólogo ruso de origen judío, uno de los más destacados teóricos de la psicología del desarrollo. Fundador de la psicología histórico-cultural y claro precursor de la neuropsicología soviética. Su obra fue descubierta y divulgada por los medios académicos del mundo occidental en la década de 1960. (Miño y Dávila, 2016, p. 10)

Tabla N° 4. Teorías que explican el desarrollo cognitivo (Piaget - Vygosky).

Autor		Piaget		Vygosky		
Aspectos de su teoría		Piaget		Vygosky		
Perspectiva		Explica que el niño interpreta el mundo a edades diversas.		Explica los procesos socioculturales que influyen en la adquisición de las habilidades intelectuales.		
Clasificaciones	4 estadios en el niño	Sensoriomotor:	(0-2 años) la inteligencia es práctica y se relaciona con la resolución de problemas a nivel de la acción.	Funciones Mentales	Inferiores: Con las que nacemos, determinadas genéticamente.	Superiores: Se adquieren y se desarrollan a través de la interacción social.
		Preoperatorio:	(2-7 años) la inteligencia es simbólica, pero sus operaciones aún carecen de estructura lógica.		Aparecen en dos momentos:	
		Operaciones concretas:	(7-12 años) el pensamiento infantil es ya un pensamiento lógico, a condición de que se aplique a situaciones de experimentación y manipulación concretas.	Zona de desarrollo próximo	Existen dos importantes implicaciones	
		Operaciones concretas formales:	(A partir de la adolescencia) aparece la lógica formal y la capacidad para trascender la realidad manejando y verificando hipótesis de manera exhaustiva y sistemática.		Evaluación.	Enseñanza.
Aportaciones		Fundó la disciplina del desarrollo cognitivo, adoptando un enfoque en el que el desarrollo del niño no se estudia con los métodos de los adultos.		Fundador de la teoría socio cultural en psicología. Planteo la tarea de construir una psicología científica acorde con los planteamientos marxistas.		
		Optó no sólo por describir el proceso del desarrollo sino también tratar de "explicarlo". Este punto de vista fue una gran novedad para su época.		Toda función psíquica existe primero en el plano de las relaciones sociales, para después existir en el plano intrapsicológico.		
		Ofreció una revisión razonable precisa de la forma en que piensan los niños de diferentes edades.		Planteó que los procesos habitualmente están ocultos tras el comportamiento cotidiano.		

Fuente: Rafael, L. (2007-2009) Master en la Universidad Autónoma de Barcelona.

Nota.- La autora retoma la información de la fuente para estructurar la Tabla N° 4

Tabla N° 5. Discrepancias entre los planteamientos de Piaget y Vygosky.

Discrepancias	
Piaget	Vygosky
El conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio físico entendido únicamente.	El conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio entendido social y culturalmente.
El ser humano al nacer es un individuo biológico.	El ser humano al nacer es un individuo social.
En el desarrollo del ser humano hay un proceso de socialización.	En el desarrollo del ser humano hay un proceso de diferenciación social.
La potencialidad cognoscitiva del sujeto depende de la etapa del desarrollo en la que se encuentre.	La potencialidad cognoscitiva del sujeto depende de la calidad de la interacción social y de la zona de desarrollo proximal del sujeto.
El ser humano al nacer se encuentra en un estado de desorganización que deberá ir organizando a lo largo de las etapas del desarrollo de su vida.	El ser humano al nacer tiene una percepción organizada puesto que está dotado para dirigirla a estímulos humanos y para establecer interacciones sociales.

Fuente: Rafael, L. (2007-2009) Master en la Universidad Autónoma de Barcelona.

En el caso de la teoría de Vygosky, se concede mayor importancia al papel de las interacciones sociales en el proceso cognitivo, ya que para él la construcción del conocimiento no es un proceso individual. Vygotsky propone un paradigma que mantiene preferencia por la investigación focalizada en el desarrollo humano, sólo entendible como la síntesis producida por la confluencia de la maduración orgánica y la historia cultural. En sus propios términos expresa *“el proceso de desarrollo cultural puede definirse en cuanto a su contenido, como el desarrollo de la personalidad del niño y de la concepción del mundo”* (Vygotsky, 1983).

En ese sentido, los principales medios del cambio cognoscitivo, son el aprendizaje colaborativo y la solución a problemas; cuestiones que justamente la plataforma BIM, le permite a quien la utiliza, ya que el interactuar con el modelado de información en un patrón digital, con otros, conduce invariablemente al trabajo colaborativo que vincula y concatena los conocimiento de otros para un fin común.

Por último, se puede señalar que lo abordado en este apartado, da la pauta para vislumbrar que a medida que el arquitecto, explora, se familiariza e involucra con la plataforma BIM, estará facultado para dominar las



herramientas y funciones que cuenta, y lograr así su óptima aplicación, lo cual podrá rendir resultados excepcionales en la medida que se involucren todas las competencias adquiridas previamente, pues estas constituyen el eje rector de la toma de decisiones, aunado su formación universitaria y a su experiencia profesional.

Ejemplo específico de esto se ve reflejado en la implementación y consolidación de un proceso diferente de diseño impulsado por el empleo de plataformas tecnológicas como BIM, la cual crecen rizomáticamente y en apariencia, sin ningún orden.

No obstante, esta dinámica direcciona hacia la posibilidad de lograr un espectro más amplio y detonar las múltiples opciones, que incluso propician en el surgimiento de nuevas estrategias de organización del trabajo, en el que invariablemente tiene incidencia en la forma de pensamiento de los involucrados, ya que requiere de modificarle para lograr el acoplamiento con la plataforma BIM, y obtener los beneficios que ofrece esta.

Lo anterior se concatena precisamente con en el siguiente Capítulo 2, pues este tiene como cometido realizar un acercamiento a los procesos tecnológicos actuales en materia de desarrollo de proyectos, centrado la atención en la fase inicial, y paralelamente en el entendimiento del trabajo colaborativo que la plataforma BIM propicia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

CAPÍTULO 2

La plataforma BIM – trabajo colaborativo

Procesos tecnológicos actuales para el desarrollo de proyectos.

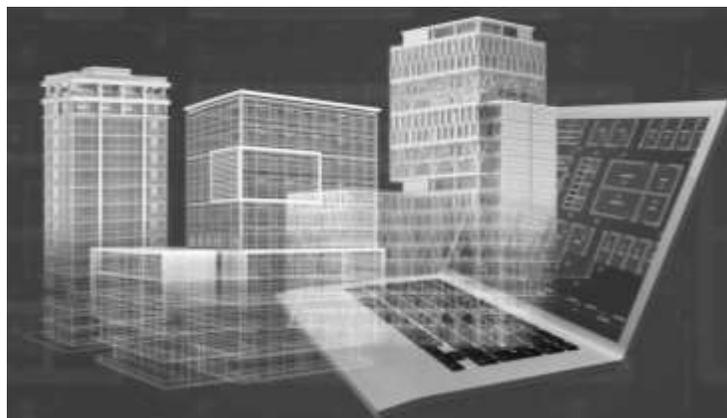


El capítulo precedente permitió hacer un recorrido cronológico para entender como el hombre desde su origen ha sido capaz de implementar soluciones a problemas específicos hasta llegar a nuestros días, que en el caso particular de arquitectura, se ha alcanzado mediante la aplicación de plataformas digitales que pueden efficientar de manera considerable los resultados y detonar múltiples beneficios al concentrarse todo en un solo modelo virtual.

Al respecto, en palabras de Pilar Jiménez Ambós³⁷, quien cuenta con amplia experiencia en esta plataforma tecnológica, -entrevistada por la Universidad Autónoma de Madrid, en julio de 2014-, señala que:

“Gracias a programas BIM obtenemos toda la información de un único modelo: planos, infografías, videos, mediciones, el modelo para cálculo estructural y de instalaciones, planificación... etc., ya que generamos lo que en ArchiCAD llamaron hace 30 años el Edificio Virtual” (Jiménez A. 2014, párrafo 3)

Figura N° 8. Edificio virtual.



Fuente: Imagen disponible en <https://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/>
Consultada el 26 octubre 2017

³⁷ Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid, con Master en Gestión de Proyectos por la Universidad Europea, cuenta con más de 10 años de experiencia como consultora y formadora de ArchiCAD, software BIM de referencia y ayuda a empresas de construcción a migrar del CAD al BIM Disponible en <https://issuu.com/pilarjimenezabos> Consultado el 10 de mayo de 2018

Al analizar el contexto actual de manera global, es posible advertir que se está viviendo el inicio de una nueva revolución tecnológica en el campo de las aplicaciones para el diseño arquitectónico, equiparable a lo experimentado en la época en que se emigró del tradicional dibujo a mano con el apoyo de escuadras, lápiz y papel, al dibujo asistido por computadora –CAD–.

La diferencia con la plataforma BIM, es lo excepcional que resulta el cúmulo de circunstancias que la hacen especialmente atractiva, no sólo por las destrezas que se obtiene de manera individual y el control eficiente de cada aspecto de un proyecto arquitectónico, sino por lo que el modelado de información le permite lograr al diseñador y la suma de inteligencias que diversos individuos fusionan en tiempo real para vinculan y entreteje sus saberes en un proceso de trabajo colaborativo. Ello sin contar con la amplia gama de alternativas que se pueden derivar en la búsqueda de soluciones.

Compete entonces a este Capítulo 2, abordar las implicaciones e ideario que se tiene de la plataforma BIM en México en la actualidad y traer al escenario una visión menos parcializada de lo que las empresas que la promueven han puesto en el escenario y abrir el espectro hacia una concepción que permita determinar si esta herramienta tecnológica funge como potencializador del pensamiento del diseñador en el proceso de diseño arquitectónico, y entender cómo se propicia el trabajo colaborativo.

2.1 ¿Qué es BIM?

Para entender de dónde proviene la plataforma Building Information Modeling (BIM), resulta necesario precisar que a pesar de que parece nuevo en México y en países del occidente, desde el 2001 se comenzó a implementarse en Europa. Al respecto la Universidad Autónoma de Madrid, precisa que:

“...dicha metodología lejos de ser una moda, lleva más de 15 años en el mercado para el sector de la arquitectura y la construcción. En algunos países, la Administración Pública ya cuenta con normativa específica de obligado cumplimiento a la hora de presentar proyectos en BIM, por ejemplo en Suecia y Noruega...” (Jiménez A., 2014, párrafo 1)

El gobierno de Reino Unido, es una de las primeras organizaciones nacionales que adoptó BIM para reducir el costo de construcción en el sector público. Como uno de los mercados más caros del mundo, ha demostrado mundialmente que la construcción no cumple en costo y tiempo, y a éste se agrega un 20 a 25% adicional al costo del proyecto.³⁸

Sin embargo, la información a la que acceden comúnmente los involucrados en el gremio de la arquitectura, la ingeniería y la construcción -AEC³⁹, por sus siglas en inglés-, sobre lo que implica la plataforma BIM y su concepción, deriva en el mayor de los casos, de lo que publicitan las compañías que le promueven, mismas que centran sus descripciones en destacar los diversos programas computacionales y los plug-in⁴⁰ que participan.

³⁸ Arcadis, Design & Consultancy for natural and built assets

³⁹ Architecture, Engineering and Construction

⁴⁰ Aplicación que en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software, en términos del idioma español puede nombrarse al plug-in como un complemento

Esta información de mercadotecnia tendenciosa, se encarga de convencer al potencial usuario, difundiendo que se trata de una metodología o de un software, y de enaltecer las bondades al grado de hacerla parecer como la panacea para la solución de los problemas de arquitectura y construcción. Todo esto, en conjunto, propicia que la mayoría desarrolle una concepción limitada y parcializada de lo que realmente implica la plataforma.

Si bien es cierto, que BIM en la actualidad es un salto cuántico -como en su momento lo fue la aparición del CAD⁴¹-, y que está repercutiendo en el método de trabajo, además de revolucionar la manera de concebir los proyectos y el análisis de los ya existentes, aún existen muchas lagunas en cuanto a su aplicación y en la conceptualización que se tiene de ella. No obstante, es justo destacar también, que la buena aplicación de la plataforma BIM, abate costos de operación, previene en gran medida los contratiempos, al detectarse anticipadamente problemas con el empleo de un modelo virtual y que establece y optimiza canales de comunicación óptimos entre todos los que participan en un proyecto.

El propósito de este apartado, es precisamente aproximarse a lo que en esencia es BIM, centrando la mirada particularmente, en lo concerniente a los procesos de la fase inicial del diseño y como el arquitecto interactúa con los diferentes escenarios que la plataforma le permite. Por lo anterior, a continuación se hace un acercamiento a la concepción que prevalece en el medio que se mueve la arquitectura.

2.1.1 Concepción general del concepto BIM.

A decir verdad, hay mucho de qué hablar sobre BIM, pero como punto de partida, es necesario aclarar y entender que esta, es ante todo, una plataforma donde se gestan procesos de trabajo que se concatenan

⁴¹ Computer Aided Design

eficientemente para integrar cada una de las partes que conformarán el objeto arquitectónico desde la fase temprana de la concepción del proyecto hasta la conclusión del mismo y que adicionalmente, permite contemplar el futuro mantenimiento de la construcción.

Por lo tanto, se puede aceptar como definición inicial, que BIM es una plataforma que consiente el desarrollo de una nueva metodología de trabajo colaborativo a distancia, que supone una auténtica revolución para el sector de la construcción y que, en muy poco tiempo, está trasformando el intercambio de información que los grupos de trabajo venían utilizando.

Aunado a esto, es posible detectar que esta plataforma también está incidiendo en la manera de pensar de quienes la emplea, pues le otorga la oportunidad de acceder a una nueva dinámica de procesos y aproximación a la solución de necesidades relativas a la arquitectura a partir de un modelo virtual, donde participan todos los datos de las ingenierías que participan para la solución integral del proyecto.

De igual forma esta plataforma está basada en el empleo de un modelo 3D inteligente, cabe destacar, que no se trata de un modelo tridimensional, cuya finalidad sea únicamente la obtención de imágenes fotorrealistas del proyecto para lograr una presentación que convenza al cliente.

La representación BIM, se fundamenta en datos y no sólo en la geometría, existiendo en todo momento, entre ese modelo y la base de datos, una vinculación permanente que se puede modificar en tiempo real y arrojar las inconsistencias que pudieran surgir ante los cambios que se ejecuten en alguna parte del proyecto, logrando así, que los participantes de otras áreas las detecten y realicen los ajustes que correspondan, prácticamente en tiempo real.

De esta forma, se integran todas las disciplinas que componen un proyecto de edificación o infraestructuras, permitiendo a todos los agentes participantes (proyectistas, constructores y demás profesionales implicados) acceder, mejorar y modificar virtualmente el desarrollo de la propuesta, en el mismo modelo, con un exhaustivo nivel de detalle, de ahí que se pueda acuñar el término del trabajo colaborativo, consistente en la suma de partes que van conformando y acopando las partes del todo eficientemente. En ese sentido, se estaría contemplando BIM, como una plataforma que propicia la multidisciplinaria, interdisciplinaria e incluso la transdisciplinaria.

Aunque estos términos suenan similares, existe un hilo muy delgado que traza fronteras difusas y flexibles entre ellos, no obstante, existentes y delimitables en calidad; pues además se pueden utilizar al mismo tiempo o combinar en una investigación. Resulta pertinente entonces, detallar en qué consiste y establecer las diferencias que prevalecen entre estos, por lo que a continuación se incluye la Tabla N° 6, basada en el trabajo de Choi & Pak (2006).

Por otra parte, es importante destacar que las diferencias que prevalecen entre el CAD y el BIM, radican en que mientras las aplicaciones de CAD imitan el tradicional proceso de “lápiz y papel”, en dos dimensiones, creadas con elementos sencillos como son líneas, tramas, textos, etc., que deben ser interpretadas como conceptos; las aplicaciones BIM imitan el proceso real de la construcción, trabajando directamente con los componentes que contienen todos los atributos que tendrán ya construidos.

Gracias al uso de elementos constructivos reales (muros, forjados, pilares, ventanas, cubiertas), cuando se produce un cambio en el diseño de un modelo BIM, los elementos afectados se actualizan automáticamente, así como todas las representaciones y los planos que fueron generados desde ese modelo. Este es el motivo por el que se califica a los elementos usados

en BIM y al propio modelo en su conjunto, como “inteligentes”. Cada uno de estos parámetros y sus valores darán origen a la base de datos que permanecerá vinculada permanentemente al modelo 3D, donde pueden ser ejecutados los cambios que se requieran.

Tabla N° 6. La comparación entre multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario.

VARIABLES	MULTIDISCIPLINARIO	INTERDISCIPLINARIO	TRANSDISCIPLINARIO
Forma de trabajo	Con Varias Disciplinas	Entre diferentes Disciplinas	A través de y más allá de varias disciplinas
Involucra	Más de dos disciplinas	A dos disciplinas (por ejemplo, se centra en la acción reciproca de las disciplinas).	A los científicos de disciplinas pertinentes, así como las partes interesadas que no son científicos y los participantes no científicos
Miembros de diferentes disciplinas que trabajan:	De forma independiente en diferentes aspectos de un proyecto, con años de trabajo en las metas individuales, paralelas o secuencialmente	Juntos en el mismo proyecto. Trabajan conjuntamente	Juntos usando un marco conceptual compartido Objetivos compartidos y habilidades compartidas Los participantes tienen roles distintos y un rol de expansión
Las metas son:	Individuales en diferentes profesiones	Compartidas	Compartidas
Las funciones de los participantes son:	Separadas pero interrelacionadas	Comunes	Con un rol libre y de desarrollo
Los participantes	Mantienen sus propias funciones disciplinarias. Aprenden el uno del otro	Entregan algunos aspectos de su propia función disciplinaria; pero aún mantiene una base de su disciplina específica. Aprenden sobre ellos y entre sí	Desarrollan un marco conceptual compartido, que unen las bases a su disciplina específica
Las fronteras disciplinarias	No se cuestionan	Desaparecen	Trascienden los límites
Las disciplinas	Se suman y yuxtaponen	Se Integran y sintetizan	Se integran, fusionan, asimilan, incorporan, unifican. hay armonía en los puntos de vista y enfoques
Es:	Aditiva, integrativa, colaborativa	Interactiva, integrativa y colaborativa	Holístico, trascendental, integrativa, y colaborativa
Es gráficamente análoga a una serie horizontal de compartimentos cada uno:	Unido por una flecha de dirección vertical para un compartimiento superior de “control” superior	Vinculado por una flecha unidireccional vertical para un compartimiento superior de “control” descendente; y también con flechas bidireccionales horizontales entre pares de compartimentos horizontales	
La coherencia es:	Externa (por ejemplo, motivados por un deseo de centrarse en las necesidades de los clientes)	Interna (por ejemplo, motivados por un deseo de centrarse en las necesidades del equipo)	
Las Metodologías son:	Separadas	Comunes	
El conocimiento es:	Instrumental; uso del conocimiento o de perspectivas complementarias para hacer frente a una pregunta	Epistemológico; creación de nuevos conocimientos o perspectiva, incluso nuevas disciplinas	
El resultado es:	La suma de las partes individuales	Más que la suma de las partes individuales	

Fuente: Choi & Pak en Heano et al (2017, p. 180). Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/695/69551301017.pdf> Consultado el 14 de noviembre de 2017.

En cuanto a las dimensiones BIM, en las fases del proyecto, la metodología va mucho más allá de solo ser un 3D. Es un método multidimensional que abarca todas las fases del ciclo de vida del edificio: diseño, construcción y explotación-mantenimiento.

Como ya se precisó al inicio, BIM no es sólo un software. Los softwares son las diferentes herramientas que prestan apoyo al desarrollo de la metodología en la plataforma BIM. Trabajar en un entorno BIM implica la interoperabilidad⁴² e intercambio de información entre esos programas, enfocados cada uno de ellos a los diferentes ámbitos y tareas que engloban las dimensiones BIM. El perfil de actuación de la empresa o del profesional, inmerso en un proceso de trabajo BIM, serán los que determinen los programas y complementos a utilizar y el nivel de conocimiento a adquirir en cada uno de ellos, relacionado siempre con el uso que se vaya a dar al modelo BIM.

Por otra parte, referirse a la plataforma BIM en términos de trabajo colaborativo, conduce a cuestionarte sobre la relación que se gesta entre trabajo colaborativo y el empleo de tecnologías actuales, interrogante sobre la que transita un artículo publicado por que Silva y Reygadas (2013), en donde se manifiesta que el empleo de las computadoras y las redes impactan directamente en la manera que actualmente se trabaja en diversos ámbitos, al respecto puntualizan lo siguiente:

“Se ha extendido la idea de que el uso de computadoras conectadas a internet, está generando una nueva forma de trabajar, caracterizada por la colaboración de pares que aprovechan estos nuevos dispositivos

⁴² La interoperabilidad es la capacidad que tiene un producto o un sistema, cuyas interfaces son totalmente conocidas, para funcionar con otros productos o sistemas existentes o futuros y eso sin restricción de acceso o de implementación. Tr. Chevel (2018), disponible en <http://interoperability-definition.info/es/> Consultado el 20 de enero de 2017,



para compartir conocimientos y cooperar en la producción de bienes y servicios.

Esta idea se apoya en los sorprendentes resultados de esfuerzos colaborativos sin fines de lucro presentes en el software libre, lo mismo que en el enorme éxito productivo y financiero de empresas que han sabido construir o utilizar redes virtuales, en ese sentido, Google y Facebook, serían ejemplos paradigmáticos” (Acquisti y Gross, 2006; Girard, 2009 citado por Silva y Reygadas 2013, pp. 107-108).

Es importante hacer notar que referirse a trabajo colaborativo, es entenderlo como aquel que se realiza mediante cooperación voluntaria entre dos o más individuos que unen fuerzas para lograr un propósito común de manera eficiente, logrando beneficio para todas las parte que integran el todo sobre el que se trabaja. No obstante, si se analiza que tanto ese ganar-ganar, es equitativo entre las parte que intervienen, se pueden encontrar discrepancias, como Marx (1867) exterioriza al señalar que, *“La cooperación no tiende solamente a potenciar la fuerza productiva individual, sino a crear una fuerza productiva nueva, con la necesaria característica de fuerza de masa”* y advertía que también puede resultar *“un método empleado por el capital para explotarlo [al trabajador] con más provecho, intensificando su fuerza productiva”* (Marx, 1973 [1867], pp. 262 y 270)

Sin embargo, es una realidad que el trabajo colaborativo propicia relaciones de poder, cooperación, reciprocidad y eficiencia, donde la plataforma BIM encuadra, sin olvidar que no sólo da como resultado un objeto arquitectónico bien planeado desde el inicio y pensado para una ejecución eficaz posterior, que abata costos, tiempo y elimine imprevistos. Adicionalmente, se podría conducir a una nueva manera de trabajo que propicia conocimiento, y aquí lo significativo es que se trata de un trabajo en esencia intelectual, donde la colaboración esta mediada por tecnologías de información, lo que trae consigo cambios en la correlación de quienes

intervienen y adjudica un valor agregado a la aportación del conocimiento que contribuyen todos los que intervienen en la resolución de un proyecto.

En otro orden de ideas, es viable señalar que al igual que las redes virtuales, el proceso evolutivo de BIM desde su surgimiento hasta el momento, no ha cesado de crecer de una manera rizomática, término entendido como concepto filosófico, desarrollado por Gilles Deleuze y Félix Guattari, en su proyecto “Capitalismo y Esquizofrenia (1972-1980)”. Esto fundamentado en lo que Deleuze denomina una "imagen de pensamiento", basada en el rizoma botánico, que aprehende las multiplicidades. Lo cual describe de la siguiente manera:

“...un rizoma es un modelo descriptivo o epistemológico en el que la organización de los elementos no sigue líneas de subordinación jerárquica —con una base o raíz dando origen a múltiples ramas, de acuerdo al conocido modelo del árbol de Porfirio—, sino que cualquier elemento puede afectar o incidir en cualquier otro” (Deleuze y Guattari 1972, p. 13).

Este crecimiento, es entonces lo que tienen en común, las redes virtuales, el internet y la plataforma BIM, atributo evidente ya que nadie previo la manera en la que estos se expandirían, como tampoco en este momento, nadie puede determinar o predecir hasta donde llegarán en un futuro próximo. Por lo tanto, resultan impredecibles las estructuras que se continuarán generando en lo sucesivo para autorregularse y para otorgar atajos que permitan encontrar respuestas a las vicisitudes que se vayan presentando.

Actualmente, BIM continua su expansión y no se limita; en el sentido de que siempre se está alimentando a través de la búsqueda de complementos conocidos como plug-in, que le permiten abrir posibilidades para encontrar respuestas a las nuevas necesidades que emergen en el camino, por lo que pudiera decirse que su comportamiento resulta impredecible, en tanto que

se ajusta y amplía en función de los nuevos retos que surgen al paso, que propician la integración de implementos adicionales para dar solución a la demanda.

Cuando estos casos se suscitan, la plataforma, brinda la opción de desactivar el plug-in de manera temporal o incluso de desinstalarlo, una vez concluida su aplicación y según se requiera. Esta flexibilidad, hace que se amplíe el horizonte por explorar y abre al usuario una gama insospechada de posibilidades, por lo que entender la definición que ofrecen las compañías que la promueven, constituye una visión sumamente limitada y parcializada.

Ese sentido otra definición de la plataforma BIM en la que se trabaja con modelos virtuales, se puede construir a partir de lo expresado por los especialistas consolidados que emplean esta tecnología en sus empresas y que tiene un espectro muy amplio de lo que significa. Al respecto Héctor Quezada, Director para México en Victaulic⁴³ externa que a esta plataforma le concierne *“la geometría, a la relación con el espacio, la información geográfica, las cantidades, propiedades de los componentes de un edificio y puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, mantenimiento e incluso de demolición.”* (Quezada citado por Touche 2017, párrafo 4)

A esto se agrega la posibilidad de ilustrar visualmente el proceso completo de diseño y edificación antes de su construcción, así como, considerar el mantenimiento e incluso su posible demolición; lo que permite en este último punto, obtener el reciclaje de más materiales. Como ya se ha marcado antes, el abatimiento de tiempo y dinero, gracias a la detección

⁴³ Empresa fundada en 1925, es líder mundial, desarrolladora y productora de sistemas mecánicos de unión de tuberías, que creó el sistema de unión de acoplamientos de tubería ranurada, Consultado el 28 de diciembre de 2017, disponible en <https://news.thomasnet.com/companystory/Victaulic-to-Provide-Piping-Systems-for-Four-Landmark-Buildings-581300>

oportuna de errores en el modelo, es una fortaleza que coloca a la plataforma también dentro de los estándares del diseño sostenible.

Por otra parte, las cantidades de materiales y propiedades compartidas, pueden ser extraídas fácilmente, para gestar cualquier modificación. Además, ámbitos laborales, detalles de componentes y secuencias de actividades de construcción pueden ser aislados y definidos.

Los softwares que tienen participación en BIM, son capaces de lograr perfeccionamientos por medio de representaciones de las partes y los componentes que están siendo considerados en la construcción de un edificio. La representación asistida por computadora, basada en objetos tridimensionales, es un cambio sustancial en la tradicional elaboración basada en la representación vectorial que ofrecía anteriormente el dibujo con instrumentos como escuadras, lápices y papel o lo que permite el CAD.

Por su parte, Ángel Ramírez Zamudio (2017), consultor y promotor de este nuevo paradigma de la plataforma BIM del Grupo NyM⁴⁴, define el concepto BIM como: *“un ecosistema conformado por arquitectos, constructores, proveedores y todas las figuras que participan en el proceso de edificación de obras.”* (Ramírez citado por Chomina 2017, párrafo 1). Además hace evidente que *“...BIM permite en cada proyecto que la gente no trabaje de manera aislada y egoísta, sino complementando y compartiendo los datos que se van requiriendo en cada etapa de los proyectos”*. (Ramírez citado por Chomina 2017, párrafo 4)

Lo significativo del discurso de Ramírez (2017), para el caso de este tema de investigación, es su señalamiento respecto a la insistencia de considerar BIM con otra mentalidad y ver esta plataforma con otros ojos, como: *“un*

⁴⁴ Empresa que surge el 1987, y está dedicada a consultoría TIC, consultoría para la construcción, capacitación, soporte técnico para el retorno inmediato de la inversión. Disponible en <https://www.gruponym.mx/Nosotros.html> Consultado el 10 de enero de 2018

conjunto de datos visuales y de información, que nos permite extender el valor de la información digital a todo el ecosistema en la vida de un inmueble, desde su diseño hasta la administración y su mantenimiento”.
(Ramírez citado por Chomina 2017, párrafo 6)

Opiniones como la anterior, perfila la plataforma hacia una conceptualización más abierta, que se aleja de sólo concebirla de manera parcializada, como herramienta para maquillar, sino como el vehículo que permite procesar desde el inicio, las ideas del arquitecto para diseñar, y entender que BIM permite abrir la gama de posibilidades en la fase exploración que detonará en múltiples alternativas.

No obstante, todas las bondades explicadas en este segmento sobre BIM; cuando se trata de la fase inicial del proyecto, donde se está buscando concretar la concepción primigenia, formulada en el cerebro del diseñador, se presentan algunos escenarios, en donde debilidades y fortalezas se ponen a prueba, razón por la cual serán abordadas en el siguiente segmento.

2.1.2 Debilidades y fortalezas de su aplicación en la fase inicial del proyecto

Considerando lo expuesto en el punto anterior, se procede a determinar las debilidades y fortalezas que implica el empleo de la plataforma BIM, la cual está revolucionando la manera en la que se piensa y trabaja en el mundo de la arquitectura y visualizar que tanto le permiten al diseñador aproximarse a la idea primigenia que surge en su mente, como respuesta inmediata al problema arquitectónico a resolver, reacción natural en todo diseñador.

En comparación a lo ejecutado con otras herramientas, la plataforma permite un espectro muy amplio para lograr aproximarse a lo que se piensa, pues con la versatilidad que consienten los procesos digitales para la

manipulación de la masa conceptual hasta lograr lo deseado, es posible alcanzar una expresión plástica y compositiva muy próxima a la ideada por el pensamiento del diseñador, sin que ello signifique dejar de considerar el contexto físico, natural, cultural y social, en el que se emplazará el objeto arquitectónico ya terminado y mucho menos, sin que esto constituya, perder el control sobre la función y la estructura, ya que la misma plataforma tecnológica, permite contemplar soluciones a estos aspectos, a través del establecimiento de un dialogo en el modelado de datos, para concretar finalmente el proceso completo.

Es una realidad que no se trata de un acto de magia, pues plantear desde el inicio la concepción de la idea primigenia proyectual y los mecanismos de exportación a la realidad, resulta complejo. De acuerdo con el arquitecto Hernando, José (2017), quien actualmente trabaja como Revit Modeller en el Departamento de Estructura de ARUP⁴⁵, en Madrid, afirma que *“las soluciones mágicas propuestas por la industria de software, luego no lo son en absoluto”*. (Hernando citado por Martínez 2017, párrafo 4). Esto debido a que la plataforma requiere, además de saber utilizarla, la experiencia del arquitecto diseñador del proyecto, para que la toma de decisiones dirija la propuesta base, a la consolidación de las intenciones iniciales de su creador.

La precisión anterior, demuestra que el temor de pensar que la máquina desplazará al hombre en los procesos creativos es infundado, consolidando que el empleo BIM en el proceso creativo, funciona en consecuencia de lo que construye en el cerebro humano de aquel individuo que opera con eficiencia esta plataforma.

⁴⁵ Empresa con sede en Londres, Reino Unido. Fundada en 1946 por el ingeniero Ove Nyquist Arup. Ofrece servicios profesionales de ingeniería, diseño, planificación, gestión de proyectos y servicios. Tiene presencia en América, Oceanía, Asia Oriental, Europa, Oriente Medio y África. Con proyectos desarrollado en 160 países.

Por lo tanto, es el ser pensante con todo su bagaje y conocimiento de la arquitectura, quien tiene el control sobre la plataforma, finalmente es él quien toma las decisiones; la plataforma únicamente ofrece la multiplicidad de alternativas y parámetros, que en un tiempo reducido se pueden explorar.

Todo lo explicado hasta aquí, pareciera colocar a la plataforma unilateralmente encuadrada dentro de las fortalezas, no obstante, va implícito que en su empleo, se requiere contar con el dominio y la destreza, para poder aplicarla con eficiencia o mínimamente estar familiarizado con los proceso a seguir. Esto último, representa una debilidad, dado a que implica involucrarse o mejor aún, lograr la especialización en su manejo, situación que para las generaciones recientes, no representa mayor problema, pues su línea de pensamiento lo admite con facilidad.

En ese tenor, la tecnología contribuye a incrementar la brecha generacional, ya que para los que conforman el grupo de las generaciones anteriores a la década de los 80's, representa un reto radical, les cuesta más trabajo adaptarse a los avances en este campo y no logran integrarse ni aceptar los cambios. Seguramente, con dificultad aceptaron el CAD, y tal vez, ya no tiene disposición para empezar con el nuevo desafío que implica BIM.

Aunque aquí valdría la pena hacer un paréntesis para destacar que la adquisición y empleo de nueva tecnología en cualquier ámbito, no es cuestión de la generación a la que se pertenezca, sino de la actitud que se adopte al respecto y la apertura que se tenga para propiciar el cambio de pensamiento.

Al final, lo que determina el uso o no de una tecnología, es la motivación que se tenga para hacerlo, aunque también se debe prestar especial atención de lo que implica la implementación de la misma, pues es una realidad que

en materia de recursos económicos y tiempo -que debe ser destinado a este propósito-, la inversión representa diversos aspectos que resultan un factor determinante, ya que van desde la adquisición de equipo apropiado, las licencias de los respectivos softwares, la capacitación y constante actualización de quienes operan todo el equipo, hasta la compatibilidad de los entregables⁴⁶ con las diversas instancias y/o dependencias, por solo mencionar lo más representativo en el renglón de inversión de tiempo y dinero. Como apoyo a lo antes precisado, se incluyen a continuación las Tablas N° 7 y N° 8, que ilustra y arrojan los costos de inversión aproximada.

Tabla N° 7. Inversión que implica la implementación de BIM en un despacho de arquitectos.
 CAPACITACIÓN

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN EN	
		TIEMPO	COSTO
Capacitación para el manejo de la plataforma BIM	Cursos aislados: <ul style="list-style-type: none"> • Revit arquitectura • Revit estructura • Revit MEP 	De 45 a 60 horas más un tiempo similar para la práctica y el aprendizaje autodidacta*	Fluctúa entre \$5.000 y \$6,000*
	Diplomado	De 180 horas más un tiempo similar para la práctica y el aprendizaje autodidacta*	Fluctúa entre \$24,000.00 y \$30,000* 5 veces el costo de un curso
	Master manager BIM	De 550 horas más un tiempo similar para la práctica y el aprendizaje autodidacta* Para este caso se consideró la oferta educativa de la Politécnico de Milán en Italia	Costo aproximado de \$84,000* 14 veces el costo de un curso

* Duración y costo por curso, diplomado o master, depende de la compañía y/o institución que lo oferte.

Fuente: Tabla estructurada por la autora, apoyada en la investigación de diversas empresas y universidades que existe en el mercado (abril 2018)

⁴⁶ Entiéndase por el término entregable: cualquier producto medible y verificable que se elabora para completar un proyecto o parte de un proyecto. Esterkin, J. (2010, párrafo 1) Disponible en <https://iaap.wordpress.com/2010/09/16/%C2%BFque-son-los-entregables-del-proyecto/> Consultado el 28 de enero de 2018

Nota.- En el ámbito de la arquitectura esto hace referencia a lo que se entregará para concretar un proyecto, que bien pueden ser los paquetes de planos: arquitectónicos y de todas las ingenierías (estructuras, instalaciones eléctricas, hidrosanitaria, especiales, etc.), memorias descriptivas o técnicas, recorridos virtuales, renders, maqueta digital, entre otros

Tabla N° 8. Inversión que implica la implementación de BIM en un despacho de arquitectos.
 EQUIPO, SOFTWARES Y PLUGIN

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN EN																									
		TIEMPO	COSTO																								
Equipo mínimo requerido	<p>1. Computadora de escritorio y/o laptop. Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo Windows 64 Bits. • Procesador Intel Cori 7. • Memoria RAM 8 Gb o más. • Desde 250 Gb como mínimo. <p>* Equipo por persona, el número de equipos depende de cuantos trabajan en el despacho.</p>	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable sujeto al tiempo que implique localizar el equipo en el mercado, asesorarse con el fabricante y adquirirlo.</p>	<p>Fluctúa entre \$30,000 y \$50,000</p> <p>* Dependiendo de las marcas y las características del mismo equipo.</p> <p>** Considerara consumibles</p>																								
	<p>2. Impresora, 3 rangos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low cost • Gama media-alta • Tope de gama <p>Detalles disponibles en: https://digitea.es/mejores-impresoras-baratas/</p> <p>* Es opcional contar con impresora, no obstante, facilita la ejecución del trabajo, abatiendo costo y tiempo.</p>	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable y sujeto al tiempo que implique localizar el equipo en el mercado y adquirirlo.</p> <p>** Considerar tiempo para instalación técnica y capacitación para su manejo, dependiendo del fabricante puede tomar de 2 a 3 horas.</p>	<p>Fluctúa entre \$2,675.00 y \$5,250.00</p> <p>* Dependiendo de la marca y las características del mismo equipo.</p> <p>** Se sugiere Considerar los consumibles -tintas cuyo costo depende de la marca, el modelo y el tipo de impresora que se trate.</p>																								
	<p>3. Plotter Según su tecnología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De Pluma • De inyección de tinta • Electrostáticos, térmicos o láser • De corte • De tambor o rodillo • Plano o de mesa <p>Según tamaño:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tamaño</th> <th>Equivalente USA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A5</td> <td>148 x 210 mm</td> <td>5,8 x 8,3 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A4</td> <td>210 x 297 mm</td> <td>8,3 x 11,7 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>297 x 420 mm</td> <td>11,7 x 16,5 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A3+</td> <td>320 x 483 mm</td> <td>13 x 19 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>420 x 594 mm</td> <td>16,5 x 23,4 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A1</td> <td>594 x 841 mm</td> <td>23,4 x 33,1 pulgadas</td> </tr> <tr> <td>A0</td> <td>841 x 1189 mm</td> <td>33,1 x 46,8 pulgadas</td> </tr> </tbody> </table> <p>Detalles disponibles en: http://www.tps-telecon.es/blog/que-es-un-plotter-tipos-plotters-tamanos</p> <p>* Es opcional contar con plotter, no obstante, facilita la ejecución del trabajo, abatiendo costo y tiempo.</p>	Nombre	Tamaño	Equivalente USA	A5	148 x 210 mm	5,8 x 8,3 pulgadas	A4	210 x 297 mm	8,3 x 11,7 pulgadas	A3	297 x 420 mm	11,7 x 16,5 pulgadas	A3+	320 x 483 mm	13 x 19 pulgadas	A2	420 x 594 mm	16,5 x 23,4 pulgadas	A1	594 x 841 mm	23,4 x 33,1 pulgadas	A0	841 x 1189 mm	33,1 x 46,8 pulgadas	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable y sujeto al tiempo que implique localizar el equipo en el mercado y adquirirlo.</p> <p>** Recomendable para el correcto funcionamiento destinar tiempo instalación técnica y capacitación para manejo del plotter. Dependiendo del fabricante puede tomar de 2 a 3 horas.</p>	<p>Fluctúa entre \$55,799.10 y \$259,999.00</p> <p>* Dependiendo de la marca y las características del mismo equipo.</p> <p>** Se sugiere considerar los consumibles -toner- cuyo costo están en función de marca, modelo y tipo de impresora.</p>
	Nombre	Tamaño	Equivalente USA																								
A5	148 x 210 mm	5,8 x 8,3 pulgadas																									
A4	210 x 297 mm	8,3 x 11,7 pulgadas																									
A3	297 x 420 mm	11,7 x 16,5 pulgadas																									
A3+	320 x 483 mm	13 x 19 pulgadas																									
A2	420 x 594 mm	16,5 x 23,4 pulgadas																									
A1	594 x 841 mm	23,4 x 33,1 pulgadas																									
A0	841 x 1189 mm	33,1 x 46,8 pulgadas																									
<p>4. Impresora 3D Según su tecnología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estereolitografía (SLA) • Sinterización Selectiva por Láser (SLS) • Inyección • Deposición de material fundido (FDM) <p>Detalles disponibles en: https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/</p> <p>* Es opcional contar con impresora 3D, no obstante, facilita la ejecución del trabajo, abatiendo costo y tiempo.</p>	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable y sujeto al tiempo que implique localizar el equipo en el mercado y adquirirlo.</p> <p>** Recomendable para el correcto funcionamiento destinar tiempo instalación técnica y capacitación para manejo del plotter. Dependiendo del fabricante puede tomar de 2 a 3 horas.</p>	<p>Fluctúa entre \$4,500.00 y \$149,29.00 o más</p> <p>Dependiendo de la marca y las características del mismo equipo.</p> <p>* Considerar los consumibles -toner cuyo costo depende de la marca, el modelo y el tipo de impresora que se trate.</p>																									
Software	<p>Revit (autodesk) y/o Archicad (Graphisoft)</p> <p>Detalles sobre Revit, disponibles en: https://www.autodesk.mx/products/revit/subscribe?plc=RV T&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1</p> <p>* Opcional con la empresa que se quiera trabajar, no obstante, el manejar las dos permite al despacho ser versátil, compatible y competitivo en el mercado.</p>	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable y sujeto al tiempo que implique su compra e instalación.</p>	<p>Costo de licencia de Revit:</p> <p>\$ 3,659.21 por mes</p> <p>\$ 29,000.00 por año</p> <p>\$ 86,665.50 por 3 años</p>																								
Plugin	<p>Revit (autodesk):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamo • V-Ray para Revit <p>Detalles sobre Dynamo, disponibles en: https://www.autodesk.es/products/dynamo-studio/subscribe?plc=DYNSTD&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1</p> <p>Detalles sobre V-Ray, disponibles en: http://www.darco.com.mx/node/462</p>	<p>1 o 2 días</p> <p>* Variable y sujeto al tiempo que implique su compra e instalación.</p>	<p>Costo de licencia Dynamo:</p> <p>\$ 1,138.36 por mes</p> <p>\$ 9,391.53 por año</p> <p>\$ 28,174.60 por 3 años</p> <p>V-Ray para Revit: \$20,748.00 licencia perpetua</p>																								

Fuente: Tabla estructurada por la autora, apoyada en la investigación de los equipos y empresas que existe en el mercado, las fuentes se marcan en cada apartado (abril 2018)
 Nota aclaratoria.- Por ejemplificación se presenta los costos de softwares y plugin, relativos a Autodesk, no obstante, Graphisoft también cuenta con los suyos.

El monto total que implica la implementación de la plataforma BIM, en un despacho donde no se tiene ninguna noción o dominio de esta tecnología, es decir, que se parte de ceros; tomado la media de los costos manifestados en las Tablas N° 7 y N° 8, para tener condiciones aceptables de equipo, softwares y capacitación, ronda alrededor de los \$350,000.00 M.N. Cabe señalar que en esta cantidad, solo se contempla: equipo y capacitación para una sola persona y que los softwares y plugin se incluyeron por un año.

Normalmente, en un despacho de arquitectura -dependiendo de la talla de proyectos que maneje- se requiere la participación de un equipo integrado por 3 o 5 personas. Tomando en cuenta esta precisión, el capital que se requiere es aún mayor. Este costo aproximado, permite entender que se trata de una inversión fuerte, que si bien se recupera a mediano o largo plazo, en México, no hay la certeza de que en estos plazos se amortice, debido a la economía tan lacerada e incierta que se tiene.

Con esto se da respuesta a la interrogante -que probablemente muchos se hacen- sobre por qué teniendo tantos beneficios emigrar del CAD a BIM y que es una tecnología que en otros países ya lleva 30 años empleándose; en México no se haya generalizado. Resulta entendible que en el territorio nacional, aun cuando los implicados cambiaran de pensamiento y quieran explorar nuevos horizontes, para estar a la vanguardia de la tecnología, son pocos los que disponen de un capital para lograrlo.

Aunque no sea una debilidad propiamente de la plataforma, lo que cuesta implementarla en un despacho, aunado a la incompatibilidad que se presenta al interactuar con otros despachos o dependencias por la no homologación de los recursos tecnológicos, constituyen un factor determinante para que la incorporación de plataforma BIM en los despachos mexicanos se esté dando de manera paulatina.

Al respecto, el jefe de producción del despacho mexicano Rivadeneyra Arquitectos⁴⁷, desde su experiencia afirma lo siguiente:

*“...hablando de México, otra debilidad es la falta de un estándar. Pocos despachos manejan a plataforma BIM. Cuando se tiene que involucrar a muchas personas, la barrera es la falta de gente que domine BIM.”
(Corbello. B. 2018, ver entrevista en anexo A)*

Retornando, las debilidades y fortaleza del empleo de BIM, en la fase inicial del proyecto arquitectónico, el surgimiento de nuevas tecnologías que en principio parecen amenazar a la arquitectura con una excesiva tecnificación de sus procesos creativos y de conceptualización, seguramente desaparecerán cuando se visualice a la plataforma en su verdadera magnitud y se acepte el enorme potencial y efectividad para concretar la idea original del proyectista.

Una de las premisas de esta investigación es la potencialización de las ideas origen de un proyecto con el empleo de esta herramienta tecnológica. Para este propósito se integra el apartado siguiente en el que se busca la aproximación a este planteamiento.

2.1.3 Potencialización de la idea inicial con el empleo de la plataforma BIM.

En el debate que prevalece entre quienes están a favor y los detractores de la plataforma, se entreteje un escenario que delata dos posturas perfectamente delineadas. En primera instancia están los defensores, quienes gracias a la experiencia de su empleo y sus logros obtenidos, les llevan al total convencimiento de que no sólo abate tiempo, dinero y esfuerzo en el proceso de construcción y administración de obra, sino que

⁴⁷ Estudio de arquitectura fundado en 1989 por el arquitecto Alejandro Rivadeneyra. Cuenta con más de 30 años de experiencia en el diseño, desarrollo y gerencia de proyectos arquitectónicos y urbanísticos en un amplio rango de escalas apoyado por un excelente grupo de especialistas. Disponible en: <http://www.rivarq.com/taller/> Consultado el 20 marzo de 2018.

desde el inicio la concepción arquitectónica, permite la exploración de múltiples alternativas en la etapa primaria del proceso de diseño.

Como testimonio de ello, se encuentra en lo expresado por el Director Creativo Frías Enciso, Cesar (2018), de Morph Estudio⁴⁸, quien señala que:

“la tecnología siempre ha sido precursora del cambio. Herramientas como Enscape⁴⁹ o Lumion⁵⁰ facilitan la visualización constante del proyecto, en combinación con Archicad, Revit o software paramétrico como Dynamo⁵¹, lo que nos permite llegar más lejos que nunca en audacia formal, sin perder el control sobre la geometría y los espacios generados.” Farías citado por Martínez, Vidal 2018. Disponible en <http://blogfundacion.arquia.es/2018/01/bim-en-los-organismos-publicos/2018>, párrafo 9. Consultado el 28 de enero de 2018

Por su parte, (Casado, 2017), Office BIM manager de AECOM⁵² y coordinador BIM indisciplinar en la oficina de Madrid, confirma que la plataforma, *“resuelve situaciones singulares de los proyectos que antes se ignoraban hasta la fase de construcción”*. (Casado citado por Martínez, 2017, párrafo 5)

En ese orden de ideas, entonces la tendencia prácticamente se inclina hacia la idea que con BIM, se tiene un enfoque emergente en los procesos de diseño, que permite destinar más tiempo para pensar, es decir, al proceso creativo y de ideación proyectual hasta consolidar el objeto arquitectónico

⁴⁸ Despacho de Madrid, España, pionero en la aplicación de la tecnología BIM, integrado por un equipo multidisciplinar de arquitectos e ingenieros especializado en el desarrollo de edificación. Consultado el 10 de diciembre de 2017, disponible en <https://mx.linkedin.com/company/morph-estudio>

⁴⁹ Plug-in compatible con el entorno de Revit, Archicad y otros, para el realizar recorridos virtuales en un proyecto arquitectónico

⁵⁰ Híbrido entre “entorno de modelado 3D, motor de Renderizado, que sirve para el modelado de entornos

⁵¹ Programa de scrips visuales que permite crear algoritmos personalizados a fin de procesar datos y generar geometrías. Para entendernos, Dynamo nos permite “programar” mediante la utilización de elementos visuales, “nodos” en vez de usar las típicas líneas de código. Disponible en: <http://spiningenieros.com/actualidad-bim/que-es-dynamo-en-bim/> Consultado el 14 agosto de 2017

⁵² Asociación de Empresas de la Construcción de Madrid.

con todas sus ingenierías, inclusive la logística y el mantenimiento del edificio en un futuro, mientras que se agiliza la ejecución reduciendo considerablemente los tiempos en la construcción, gracias a la definición anticipada de todo sus componentes y los sujetos que intervienen, así como a la eliminación del mayor número de imprevistos.

Ubicado dentro del círculo de los arquitectos que han encontrado en la plataforma BIM, un nicho de oportunidad para fortalecer desde el inicio del proceso las ideas primigenias arquitectónicas que emanan del cerebro y que finalmente se consolidan, se encuentra el despacho mexicano Rivadeneira Arquitectos, con quien se sostuvo una extensa entrevista el 28 de marzo de 2018 (Ver Anexos B y C), que se citará como parte de los resultados del Capítulo 3.

Por el otro, se encuentra el grupo de arquitectos que tradicionalmente han y continúan empleando papel y lápiz en la etapa de bocetaje y diseño, porque es el proceso bajo el que fueron formados, por lo que renuentes al empleo de las tecnologías contemporáneas y ante el desconocimiento, nula aplicación de la plataforma o debido a que su familiarización con la plataforma BIM, se reduce a una pequeña parte del universo de lo que esta ofrece; sostienen una postura radical respecto a que la computadora y los softwares no son para diseñar, y menos le atribuyen la posibilidad de potencializar la idea inicial de un proyecto.

En la disputa, existe quienes defienden el proceso artesanal en la fase inicial del diseño, argumentando que es imposible sustituir la agilidad del lápiz, papel y la creatividad del arquitecto, por un programa informático, además de amparar su postura manifestando que el dibujo a mano, jamás va a poder competir con el dibujo digital. En contra parte, está el discurso de quienes emplean la tecnología contemporánea para consolidar y perfeccionar la idea inicial de diseño, aseveran que es un proceso preciso y

eficaz que no desdeña ni minimiza la capacidad creadora del arquitecto pues todo emana de su intelecto y los medios digitales solo son el vehículo empleado para ese propósito. También se ubica quienes tienen una opinión menos radical y sostienen que los dos métodos son bienvenidos y valorados, pues se puede proyectar desde la génesis de la mente del arquitecto, expresando la idea ya sea a través de como un lápiz normal o de un lápiz electrónico -el mouse-.

Finalmente, el objetivo es plasmar la idea en un plano, y que ese plano sea entendible, pero no se puede negar que el empleo de los medios tecnológicos en la actualidad son indispensables, pues se establecen niveles de comunicación instantáneos en el que el proceso artesanal está limitado, ello no tiene por qué significar que la creatividad se merma o tiene menos valor.

Al respecto el arquitecto Japonés, Tadao Ando, a quien a sus 76 años, le ha tocado transitar del dibujo a mano, pasado por el CAD hasta llegar a las tecnologías actuales, ha precisado lo siguiente: *“La computadora ofrece otro tipo de creatividad. No se puede hacer caso omiso de la creatividad que la tecnología puede aportar. Pero hay que tener la capacidad para moverse entre esos dos mundos diferentes.”* (Ando, 2000)

Como complemento a esto, (Dorst, K., 2011), señala que: *“El pensamiento de diseño es una metodología centrada en la experiencia”*, (Dorst 2011, p. 521) partiendo de esta postura, es posible pensar que la herramienta tecnológica, fusionada con la experiencia y creatividad del arquitecto proyectista, potencializa la idea origen que se tiene del proyecto en el primer acercamiento a una solución, esto derivado de la inmediatez que la plataforma puede brindar con el apoyo de la visualización virtual del modelo tridimensional, lo que permite una pronta toma de decisiones.

Cabe señalar que el empleo de la metodología, ha detonado infinidad de estudios e investigaciones, pero para efectos de este trabajo se reflexiona en torno a los que centran su atención en la manera en que repercuten en los procesos del proyecto, encontrando que existen autores como Melles et al., quienes estima que: *“el pensamiento de diseño ha logrado expandir los horizontes... gracias a que su proceso implica en sí mismo un proceso permanente de diseño.”* (Melles et al. en Oliveros, et al. 2016, p. 28). Lo cual es posible de comprobar para el caso de la arquitectura, a partir de una comparativa de lo que se ha logrado en el ámbito de diseño, a lo largo de la historia, que simultáneamente evidencia las herramientas empleadas para su consolidación.

Este trabajo plantea una reflexión y acercamiento a la evolución e impacto del pensamiento del diseñador arquitectónico mediante el empleo de las herramientas digitales contemporáneas. Para lo cual es imprescindible observar en una línea de tiempo como se ha ido modificando la herramienta tecnológica. Para este propósito, se presentan las siguientes Figuras N° 9 y N° 10, que se retoma del trabajo de investigación de Burneo Valdivieso (2017)

Figura N° 9. Inicio de los Sistemas Generativos en arquitectura.



Fuente: Burneo, 2017, p. 25. Ajustado por la autora (mayo 2018)

Nota aclaratoria.- el documento original señala 1820 y 1826, lo correcto es 1920 y 1926 respectivamente.

Figuras N° 10. Madurez de los sistemas generativos en arquitectura.



Fuente: Burneo, 2017, p. 29. Ajustado por la autora (mayo 2018)
 Nota aclaratoria.- El documento original se ajusta en la propuesta de colores y se incorporan fotografías adicionales.

De las Figura N° 9 y N° 10, se puede observar la evolución de las herramientas tecnológicas en el lapso comprendido de 1821 a 1984, y tener un acercamiento al pensamiento que se tenía en cada etapa, hasta antes de aparecer la plataforma BIM.

No obstante, para obtener más elementos de juicio y evidencias, se integra la Figura N° 11 que expresa gráficamente la comparativa de la evolución del pensamiento, que se ve materializado en objetos arquitectónicos que se han concebido gracias a la aplicación de la tecnología que prevalecía en su momento, por lo tanto, está comparativa apegada a una línea de tiempo, permite demostrar de manera tangible, la evolución en paralelo del pensamiento del diseñador, de las herramientas tecnológicas empleadas así como las soluciones arquitectónicas que se han detonado.

Figura N° 11. Evolución herramienta-arquitectura-pensamiento en la línea de tiempo.



Fuente: estructurada por la autora (marzo 2018)

Lo anterior permite justificar el argumento que sostiene esta investigación que consiste en la indagación sobre la potencialización de una idea en el

contexto de la arquitectura, a partir de la gama de posibilidades que ofrece en la actualidad la tecnología de vanguardia empleada para este propósito. Lo cual se reforzará con los resultados que arrojaron los instrumentos de medición aplicados: la entrevista, el diario de campo, así como las tablas y figuras comparativas que se integran en el Capítulo 4.

2.1.4 ¿Qué tan cerca se está de la inteligencia artificial con el empleo de BIM?

Antes de abordar las posibilidades que permiten entender la proximidad a la que se está llegando con el empleo de herramientas digitales en el contexto de la arquitectura a la inteligencia artificial, resulta conveniente encontrar primero la definición que explica lo que se concibe como inteligencia, en ese sentido la RAE⁵³ plantea varias acepciones, por el sentido que aquí se está asumiendo, destacan las tres que a continuación se mencionan: *“Capacidad de entender o comprender. Capacidad de resolver problemas. Conocimiento, comprensión, acto de entender.”*

Figura N° 12. Inteligencia humana vs inteligencia artificial



Fuente: Imagen disponible en: <https://blog.adext.com/es/tecnologias-inteligencia-artificial-2018> Consultada el 20 de abril

⁵³ Real Academia Española. Diccionario de la Lengua española, actualización 2017. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=LqtyoaQ> Consultado el 17 de septiembre de 2017

Más ampliamente, una precisión importante a considerar, es la que define a la inteligencia como:

*“Capacidad mental muy general que permite razonar, planificar, resolver problemas, pensar de modo abstracto, comprender ideas complejas, aprender con rapidez y usar la experiencia. No es un simple conocimiento enciclopédico, una habilidad académica particular o una pericia para resolver tests de inteligencia, sino que refleja una capacidad amplia y profunda para comprender el ambiente, es decir, para darse cuenta, dar sentido a las cosas o imaginar qué se debe hacer.” Disponible en https://www.ecured.cu/Inteligencia_humana
Consultado el abril de 2018*

Asimismo, retomar lo que se entiende por inteligencia humana, conduce a contemplar los tres componentes, que Cruz, H. (1969, p. 406), señala: “1º la inteligencia creadora... 2º la inteligencia reproductora... y 3º la inteligencia práctica...”, de igual forma a considera que es la parte más elevada del psiquismo y como el mismo autor plantea el siguiente criterio: “...la inteligencia sería así un estado de equilibrio hacia el cual tenderían las formalizaciones sensomotoras y perceptivas, la acomodación con el mundo circundante y el equilibrio fisiológico”, además agrega que “la inteligencia es la formalización superior y decisiva que equilibra y organiza todas las estructuras cognoscitivas”, constituyendo, de este modo, “la formalización misma de la vida impulsada al máximo” (Cruz, H. 1969, p. 407)

Por su parte, Howard Gardner⁵⁴ en sus investigaciones sobre el análisis de las capacidades cognitivas y en la formulación de la teoría de las inteligencias múltiples, señala que:

⁵⁴ Investigador y profesor de la Universidad de Harvard. Famoso psicólogo conocido por establecer la Teoría de las Inteligencias Múltiples. Propuso que el concepto convencional de inteligencia era demasiado restrictivo y que la medición del coeficiente intelectual a menudo perdía de vista otras “inteligencias” que un individuo puede poseer. Disponible en: Biografía de Howard Gardner, padre de la Teoría de las Inteligencias Múltiples en <https://www.psicoactiva.com/blog/biografia-howard-gardner-inteligencias-multiples/> (2018, párrafo 1) Consultado el 20 de abril de 2018.

“no existe una inteligencia única en el ser humano, sino una diversidad de inteligencias que marcan las potencialidades y acentos significativos de cada individuo, trazados por las fortalezas y debilidades en toda una serie de escenarios de expansión de la inteligencia.” Disponible en: Howard Gardner. El pensamiento <https://www.infoamerica.org/teoria/gardner1.htm> párrafo 1. Consultado el 26 de enero de 2018

Entonces, el pensamiento, visto desde el enfoque de la psicología, se puede entender como la capacidad que tiene un individuo de planear y dirigir en forma oculta una conducta a ejecutar posteriormente, situación que permite prevenir de errores o postergar acciones para consentir adaptaciones y soluciones a problemas mejores en duración y efectividad.

En lo concerniente a inteligencia artificial, es primordial conocer los orígenes de su nombre, es decir, el significado de la palabra inteligencia vinculada a de la palabra artificial, por lo que a continuación se hace esa relación de ambos términos:

“Inteligencia, es la potencia intelectual, la facultad de conocer o de entender. El grado en que un individuo puede resolver satisfactoriamente una nueva situación o un problema. La inteligencia está basada en el nivel de conocimientos individuales y en la habilidad de manipular y reformular apropiadamente los conocimientos en base a los datos que se proporcionan como requerimientos para resolver algún problema o situación. Artificial, es lo hecho por mano y arte del hombre, falso, no natural.” (Arauz, 1998, p. 1)

Por otro lado, Zampayo, sugiere también sobre estos dos términos que: *“Inteligencia, es la capacidad de comprender, evocar, movilizar e integrar constructivamente lo que se ha aprendido y de utilizarlo para enfrentarse a nuevas situaciones.”* En relación al término artificial, puntualiza que: *“...es aquel cuyo producto origen es no natural, sino que fue hecho por la mano o*

arte del hombre” (Zampayo, 2004, p. 10). Como complemento, se puede citar que en el verano de 1956, tuvo lugar una conferencia en Dartmouth, organizada por Marvin Minsky⁵⁵, John McCarthy⁵⁶ y Claude Shannon⁵⁷, donde se abordó el tema de la inteligencia artificial.

En este evento, se discutió acerca de cómo simular la inteligencia humana a través de las máquinas y como punto de partida se adoptó que:

“Cualquier aspecto del aprendizaje u otra característica de la inteligencia puede en principio ser descrita con precisión de tal forma que se puede construir una máquina que la simule”. Disponible en: <https://darthmouthconference.wordpress.com/> párrafo 2. Consultado el 22 de abril de 2017.

Cabe señalar que la Inteligencia Artificial (IA), quizá sea uno de los campos de la ciencia y la investigación que más intrigan y ha conducido en el mundo de la ciencia ficción, a generar la idea de es posible programar una máquina para que realice alguna tarea específica de manera eficiente y correcta. Aunque la búsqueda va más por el lado de conseguir que esa máquina aprenda e interiorice ciertas pautas y sea capaz de tomar decisiones basadas en experiencias previas. Es decir, que sea capaz de tomar una decisión después de un aprendizaje.

Lo anterior, pareciera estar aún muy lejos de conseguirse, sin embargo, la realidad demuestra lo contrario, y lo planteado por Marvin Minsky, John

⁵⁵ Científico estadounidense. Es considerado uno de los padres de la inteligencia artificial. Fue cofundador del laboratorio de inteligencia artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts o MIT. Disponible en: <https://www.biografias.es/famosos/marvin-minsky.html> Consultado el 14 de enero de 2018

⁵⁶ John McCarthy, también conocido como Tío John McCarthy, fue un prominente informático que recibió el Premio Turing en 1971 por sus importantes contribuciones en el campo de la Inteligencia Artificial. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/el-verdadero-padre-de-la-inteligencia-artificial/> Consultado el 14 de enero de 2018.

⁵⁷ Matemático, ingeniero eléctrico y criptógrafo estadounidense recordado como «el padre de la teoría de la información Disponible en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/s/shannon.htm> Consultado el 14 de enero de 2018

McCarthy y Claude Shanon, hace más de 60 años, es una meta que cada día está más cerca de alcanzarse y ejemplo palpable de ello son los avances que Google o Microsoft, han logrado en sus laboratorios. Por parte de la compañía Google la obtención de Deepmind⁵⁸ y Alpha Go⁵⁹, ha resultado un avance considerable en esta búsqueda, sin embargo, se señala que:

“Este logro, realmente importante, está aún muy lejos de conseguir que una máquina pueda ser un cerebro humano o pueda funcionar como él. Los expertos son partidarios de tendencias más realistas como las aplicaciones de la inteligencia artificial con las que ya convivimos, como los motores de búsqueda o aplicaciones destinadas al campo de la medicina.” Comentario publicado el 31 marzo, 2016, Disponible en: <http://gametelecomunicaciones.com/inteligencia-artificial-de-verdad-estamos-tan-cerca/> párrafo 4. Consultado el 20 abril de 2018.

Si bien, este intento ha sido una aproximación, hay otros que no han resultado del todo exitosos y dan cuenta de que aún falta mucho camino por recorrer antes de crear la IA, a la que se aspira.

Tal es el caso de Tay⁶⁰, programa informático que lanzara Microsoft en 2016, el cual tuvo que ser eliminado de twitter por los resultados inesperados, que se presentaron.

⁵⁸ Google DeepMind es una compañía de inteligencia artificial inglesa. Creada en 2010 como DeepMind Technologies, fue adquirida por Google en 2014. Disponible en <https://deepmind.com/> consultado el 20 de marzo de 2018

⁵⁹ Programa informático de inteligencia artificial desarrollado por Google DeepMind para jugar al juego de mesa Go. En octubre de 2015 se convirtió en la primera máquina de Go en ganar a un jugador profesional de Go.

⁶⁰ Tay un bot o programa informático, que desde cero adquiere su conocimiento conversando con personas a través de Twitter. Todo eso es posible gracias a la inteligencia artificial. Disponible en: <http://www.t13.cl/noticia/tendencias/chatbot-inteligencia-artificial-microsoft-se-vuelve-racista-menos-24-horas> párrafo 3. Consultado el 22 de abril de 2018.

Finalmente el término de inteligencia artificial, puede ser delineado por lo que expresan los siguientes autores:

*“la inteligencia artificial es una de las áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la Computación ya que ha tomado a la inteligencia como la característica universalmente aceptada para diferenciar a los humanos de otras criaturas ya sean vivas o inanimadas, para construir programas o computadoras inteligentes.”
De acuerdo con (Gutiérrez, 2006, p.11)*

(Bourcier, 2003, p.56), dice que: “la inteligencia artificial es una rama de la informática que intenta reproducir las funciones cognitivas humanas como el razonamiento, la memoria, el juicio o la decisión y, después, confiar una parte de esas facultades, que consideramos signos de inteligencia, a los ordenadores.”

Si se conserva el enfoque de los autores anteriores, se puede decir entonces que la IA, es una disciplina eminentemente tecnológica que persigue la construcción de máquinas y programas capaces de realizar complejas tareas con una habilidad y eficiencia iguales o superiores a las que consigue el ser humano, no obstante, estas son activadas y alimentadas por el hombre, por lo que las tareas finalmente no se realizan solas, ya que es necesario que alguien con formación específica las opere para llegar al propósito deseado.

En ese sentido, en el campo de la arquitectura, la plataforma BIM, donde el arquitecto puede interactuar con diversos softwares y pluggins, no sólo permiten efficientar todos los procesos que van desde la consolidación de la idea primigenia de manera virtual, hasta la materialización del proyecto en un objeto arquitectónico construido. La tendencia de la IA en arquitectura,

de acuerdo con lo publicado con Ovacen⁶¹, según los expertos hay dos futuros para las profesiones y ambas descansarán sobre la tecnología.

“La primera, una versión mucho más eficaz de lo que tenemos actualmente. Aquí, es donde los arquitectos utilizarán la tecnología para optimizar las formas tradicionales de trabajo.

La segunda, la tecnología no solo optimiza o agiliza el trabajo diario, sino que además, desplaza el trabajo del profesional. Es decir, aparecerán máquinas o sistemas capaces de operar solos o con usuarios, pero que necesitan tener aptitudes diferentes al arquitecto de hoy día. Esta nueva tecnología asumirá tareas que hemos considerado que solo pueden realizarse de forma tradicional.”
Disponible en: <https://ovacen.com/inteligencia-artificial/> párrafos 7, 8 y 9. Consultado el 25 de abril de 2018.

Es indispensable precisar que la tecnología no desplaza al arquitecto, más bien transforma las tareas, por ejemplo, un software no reemplaza a los profesionales, sino que cambia las tareas que estos ejecutan permitiendo agilizar ciertos los procesos. En este punto, la tecnología mejora las habilidades cognitivas, para poder imaginar y diseñar más allá del alcance del arquitecto. No obstante, para poder lograrlo se requiere un cambio de pensamiento para que se asuma este proceso evolutivo.

Por lo anterior, mientras no se opte por romper paradigmas, difícilmente se pueden adquirir nuevos proceso de pensamiento, lo que constituye una de las principales barreras para la implementación de BIM. Al respecto se aborda el siguiente apartado como un universo que permite explorar diversas alternativas en la fase inicial del proceso proyectual.

⁶¹ Portal con artículos y noticias de arquitectura, urbanismo sostenible, energías renovables, todo sobre el sector energético, la certificación energética y la eficiencia o el diseño más moderno. Un periódico y plataforma de arquitectura con apuntes, manuales, información, normativa o guías. Disponible en: <https://ovacen.com/empresa/> Consultado el 25 de abril de 2018

2.2 Proceso de pensamiento con BIM.

La adquisición de nuevos saberes implica un reto para todo individuo, sin embargo, este esfuerzo le otorga posibilidades y habilidades singulares, que conlleva a una nueva manera de pensar para atacar y resolver problemas; esto gracias a un pensamiento renovado que faculta a quien lo adquiere, a optar por soluciones seguramente más certeras en el campo del conocimiento que se mueva.

En la arquitectura, uno de los requerimientos técnicos más reclamados en la actualidad, es el manejo de programas de diseño arquitectónico integrado; formación indispensable que complementa el diseño tradicional. De este modo, la utilización de tecnologías BIM, en el ámbito proyectual está suponiendo un impulso profesional cualitativo muy importante mediante la utilización de bases de datos específicos que se asocian a dibujos convencionales desde distintas perspectivas y a todos los niveles. Para que este propósito se concrete, el pensamiento de quien ejecuta este trabajo y se involucra con la plataforma tecnológica, necesariamente debe asumir nuevos procedimientos inherentes al BIM.

Derivado de los cambios que se están produciendo en los últimos años en el sector de la construcción, es necesario apostar por nuevas formas de hacer y nuevas metodologías, encaminadas a mejorar las capacidades para el mundo profesional relacionado con el ámbito de la edificación. Precisión que coincide con lo planteado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en España (CSCAE) y Fundación Caja de Arquitectos⁶², como

⁶² Fundación cultural privada desde el 23 de Mayo de 1990, con el objetivo de promover y fomentar fines de carácter cultural, social, asistencial, profesional y formativo en el campo de la arquitectura, la construcción, el diseño, el urbanismo y, en general, de todo aquello relacionado con la actividad de los arquitectos. se extiende a toda la Unión Europea, desarrollando principalmente su actividad en España. Disponible en: <https://www.cscae.com/index.php/es/fundacion-caja-de-arquitectos>
Consultado el 28 de abril de 2018

resultado de la encuesta sobre el estado de la profesión 2003, 2007, 2011 y 2013, al señalar que:

“...en la actualidad, los grandes e innumerables avances en el uso de las tecnologías de la información y del conocimiento tanto para el levantamiento gráfico como para el reconocimiento de nuestro entorno más cercano (mediante la utilización de herramientas como TIC´s, SIG, MAPS, etc.) inducen, cada vez más, al uso de nuevos datos y herramientas complementarias aplicadas a los proyectos de construcción.”

La tecnología BIM implica, una nueva evolución en el proceso de generación del proyecto arquitectónico, que dista considerablemente de las herramientas de CAD tradicionales, ya que permite incluir información específica procedente de una base de datos tridimensional, sobre las características materiales del edificio y aporta la generación de vistas tridimensionales renderizadas desde la fase inicial del proyecto, lo que permite la actualización global, continua e inmediata, es decir, en tiempo real, de los cambios realizados en cualquiera de los datos parciales presentes en el edificio.

Llegar a esto, demanda un proceso de pensamiento tridimensional a lo largo de todo el proyecto, vale la pena precisar, que esto, se aplica desde el surgimiento de la idea conceptual, por señalar sólo un aspecto y se cuenta con el apoyo de las herramientas que participan en la masa conceptual.

Al respecto, el taller mexicano Rivadeneyra Arquitectos, en voz de su Jefe de proyecto, derivado de la experiencia que tiene en el manejo de la plataforma BIM, manifiesta lo siguiente:

“Trabajar las ideas que originalmente surgen, llevándolas del croquis y al modelo digital 3D, dentro de la plataforma BIM, permite mantenerlas

hasta el final del proceso, además de alimentarlas sin perderlas en el camino. Esto se puede demostrar tan solo con observar cómo llevamos nosotros el proceso de un proyecto desde el inicio hasta que el proyecto se construye.” Rivadeneyra, Andres (2018). Ver entrevista en Anexo C, Tabla N° 15, 2a Parte. Transcripción. p. 227

Adicional a esto, el Arquitecto Andres Rivadeneyra, detalla a continuación los procesos que se siguen en el Taller para concretar un proyecto:

“...desde el principio es utilizando el modelo BIM, aplicado incluso en una etapa conceptual previa al ante proyecto. Se empieza por conocer el programa del cliente, el taller lo refina, para dar la pauta a la siguiente etapa, que llamamos layout⁶³, donde el Director General vacía el programa arquitectónico en croquis digitales- elaborados en un iPad-, y yo procedo a hacer un croquis 3D a partir de eso, que se convierte en un primer modelo en Archicad, donde se expresa materialidad, intenciones de amueblado, información muy avanzada empleada en la etapa preliminar y que se mantiene hasta el final - proyecto As Built-.”⁶⁴ Ver entrevista en Anexo C, Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción, p. 226

Además, el arquitecto enfatiza lo importante que es para el equipo del taller que los clientes comprendan el proyecto en todo momento, por lo que adicionalmente agrega lo siguiente:

“Entonces desde el proyecto conceptual tenemos un modelo, lo que es muy importante por la comunicación visual que se establece con el

⁶³ En el ámbito de diseño también es utilizada la palabra layout que corresponde a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un diseño en particular, con el fin de presentarle dicho esquema a un cliente para venderle la idea, y luego de llegar a un acuerdo y aceptar la idea, poder realizar el trabajo final en base a este bosquejo. Disponible en: consultado el 10 de abril de 2018

⁶⁴ El Proyecto As-Built o Proyecto conforme a obra es el proyecto de ingeniería referido a los planos, cálculos y descripciones de las actualizaciones que reflejan la adaptación del Proyecto de Ejecución a la realidad de la obra, a los cambios pedidos durante el transcurso de la misma y en definitiva, como se construyó finalmente el edificio, local o nave en cuestión. Disponible en: <http://dipingenieria.com/proyecto-ingenieria/as-built/> Consultado el 10 de abril 2018

cliente. Nos apoyamos en BIMX⁶⁵, donde se puede ver la relación entre las plantas y los cortes con el espacio tridimensional. Toda esta información se comparte con el cliente, para que entienda el proyecto.” Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción. p. 226

Como ejemplificación de lo que describe la cita anterior, se expone en la siguiente Figura N° 13, que redondea de manera muy puntual y gráfica, lo externado, pues constituye el recurso visual con el que se demuestran los procesos que se siguen en el Taller Rivadeneyra Arquitectos, en cuanto a diseño se refiere.

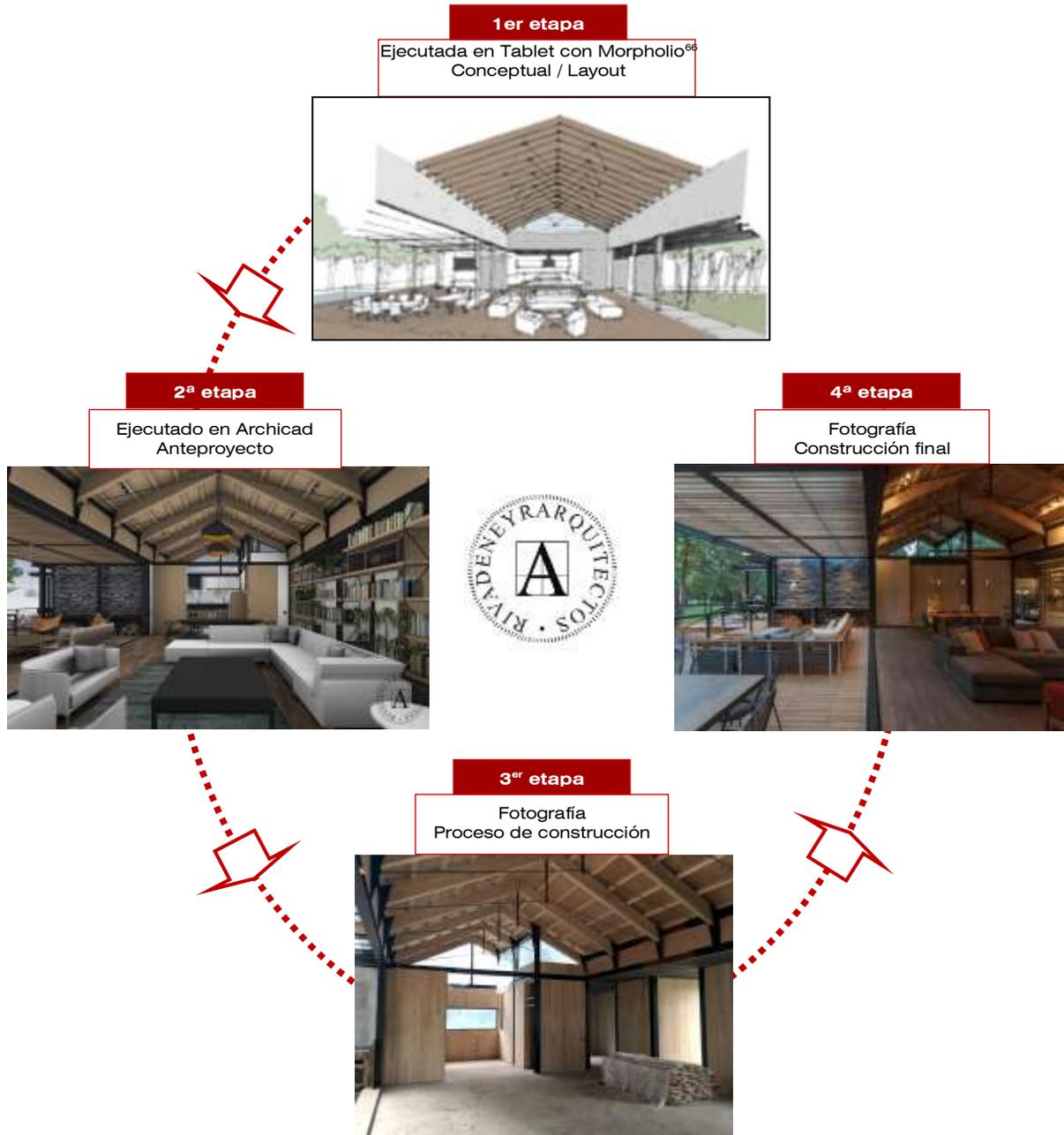
Por otra parte, derivado de esta cita, se vislumbra como el proceso de pensamiento con BIM, finalmente, se puede ubicar dentro del esquema de una herramienta tecnológica que permite desde el principio del proyecto, establecer una comunicación visual contundente, que a pesar de ser virtual, está dentro de lo que cualquier individuo -independientemente de su preparación o conocimiento- puede interpretar.

Lo anterior debido a que está en su naturaleza la familiarización y la concepción tridimensional ya que ha coexistido y se rodea de ella y de igual forma comprende los espacios, pues son el escenario en el que se desarrolla su vida.

La velocidad de respuesta para ver plasmada una idea proyectual, puede no tan solo ser bien interpretada por el cliente, constituye de igual forma, un gran apoyo para que el proyectista traslade y concrete sus ideas sin perder la primera intención.

⁶⁵ Herramienta que cuenta con la tecnología de Hyper-modelo, una tecnología única para una navegación integrada dentro del proyecto de construcción en 2D y 3D. BIMx ayudó a cerrar la brecha entre el estudio de diseño y el emplazamiento de la obra. Disponible en: <http://www.graphisoft.mx/bimx/> Consultado el 10 de abril 2018

Figura N° 13. Ejemplificación de las etapas del diseño de un proyecto con BIM.



Fuente: Casa P - Rancho Avandaro -11 de julio 2016

Nota aclaratoria.- Material proporcionado por Rivadeneira Arquitectos (2018)

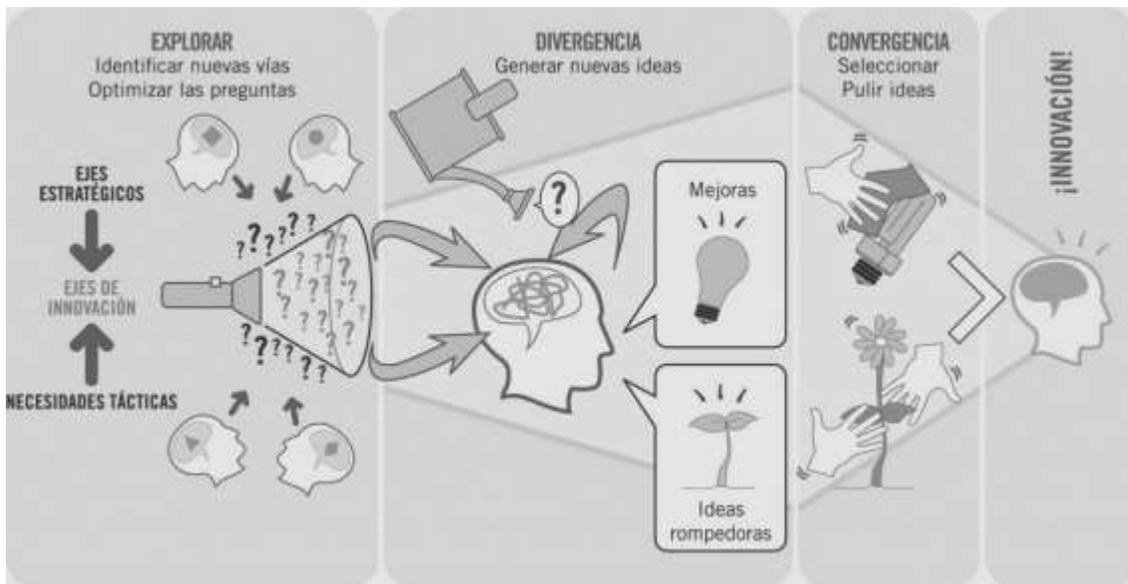
⁶⁶ Grupo de aplicaciones que reinventan procesos creativos para arquitectos, diseñadores, artistas, fotógrafos y curiosos autodidactas, una nueva App que transforma cualquier tableta iPad en un dispositivo de realidad aumentada que permite diseñar encima del espacio existente. Disponible en: <http://www.disup.com/morpholio-trace-app-para-arquitectos-trazos-con-realidad-aumentada/> Consultada el 10 de abril 2018

Lo anterior es el preámbulo para dirigir la mirada al BIM y poder concebirla desde otro enfoque, para tal efecto en los apartados subsecuentes se consolidará este planteamiento.

2.2.1 Surgimiento de la idea inicial.

Uno de los principales problemas para algunas personas, es encontrar la idea rectora, que permita resolver alguna situación, no obstante, en el mundo de la arquitectura, el formular ideas - el clásico brainstorming⁶⁷- parece ser un común denominador y requisito ineludible para quienes se dedican a esta profesión. Como se puede apreciar en la siguiente Figura N° 14, existe una fase anterior y una fase posterior que tienen una función esencial si se quieren generar ideas diferentes y que aporten valor.

Figura N° 14. Generación de ideas sólo un paso del proceso de pensamiento creativo.



Fuente: La generación de ideas sólo es un paso del proceso de pensamiento creativo (2012)
 Disponible en: <http://blog.inteligenciacreativa.com/?p=216>

⁶⁷ Es una palabra del inglés que significa 'lluvia de ideas'. Esta expresión, como tal, se forma a partir de la unión de las palabras brain, que significa 'cerebro', y storm, que traduce 'tempestad' o 'tormenta'. Aportación de ideas que varias personas ponen en común como punto de partida para un proyecto. Disponible en: <https://www.significados.com/brainstorming/> Consultado el 1ro de mayo de 2018

Retomando el tema de la arquitectura, prácticamente es imposible evitar imaginar múltiples opciones cuando se trata de transformar un espacio, basta con el simple hecho de observarlo para tomar decisiones; incluso cuando alguien plantea sus necesidades -en la primera entrevista- mentalmente van surgiendo variadas ideas en la mente del arquitecto donde el único propósito es buscar satisfacer las expectativas.

No obstante, determinar dónde está el origen de las ideas o proyectos que se convierten en espacios arquitectónicos, no resulta un cuestionamiento fácil de responder, pero a grandes rasgos, es viable decir que se requiere de mantener una mente abierta que permita detectar los detalles y una actitud emprendedora ante el mundo en el que se está inmerso, así como, identificar oportunidades, analizar alternativas y sacarle partido a las áreas de oportunidad.

Dentro del contexto de la ciencia, surgen diversos planteamientos respecto a la emanación de ideas y su origen, uno de los que emite su opinión en relación a ello, es Jorge Wagensberg Lubinski⁶⁸ quien asevera que:

“El método de la ciencia sirve para tratar ideas, no tanto para capturar ideas nuevas. ¿De dónde viene entonces una idea nueva? Yo diría que existen tres grandes maneras: por una intuición del mundo, por una comprensión del mundo o por una concepción ética, incluso a veces estética, del mundo. Tener una intuición significa partir de una idea previa. Intuir es precisamente eso: un leve roce entre lo observado y lo que queda por observar, entre lo comprendido y lo que queda por comprender.” (Wagensberg, 2015, párrafos 1 y 2) Disponible en: www.elperiodico.com/es/opinion/20151016/de-donde-vienen-las-ideas-4593998 Consultado el 5 de mayo de 2018

⁶⁸ (1948-2018) fue escritor, investigador y profesor de Teoría de los Procesos Irreversibles en la Universidad de Barcelona. Fue también un dinámico animador del debate de ideas, lo que le valió, entre otros, el Premio Nacional de Pensamiento y Cultura Científicos en Cataluña. Disponible en: <https://www.planetadelibros.com/autor/jorge-wagensberg/000029504> Consultado el 5 de mayo de 2018

Sin importar el área de conocimiento que se trate, en la gestación de ideas, se debe tener presente que existe diferencia entre innovación y pensamiento creativo, pues si la innovación consiste en implementar las ideas nuevas, el pensamiento creativo es el paso previo e imprescindible que permite conseguir estas nuevas ideas.

Aquí el objetivo es innovar porque generar ideas nuevas sin llevar algunas a la práctica no genera valor, pero para llevar a cabo esta fase de transformación se requiere una materia prima, las ideas de calidad. La mejor definición de innovación y creatividad quizás es la de William Coyne⁶⁹:

“La creatividad es pensar en ideas nuevas y apropiadas, mientras que la innovación es la aplicación con éxito de las ideas dentro de una organización. En otras palabras, la creatividad es el concepto y la innovación es el proceso “.

Hablando de las herramientas tecnológicas dentro del contexto de la arquitectura, se puede señalar que estas aportan un valor agregado a la emanación de ideas, cuando se trata de llegar a concretarlas, pues no solo es la inmediatez con la que se pueden plasmar, también cobra relevancia la cantidad de opciones que se desprenden.

En este orden de ideas, cuando se le cuestionó al Director General del taller Rivadeneyra Arquitectos, sobre su opinión en relación al empleo de las nuevas herramientas tecnológicas -la plataforma BIM- y si esta potencializa su creatividad, externó lo siguiente:

“...lo primero que viene a mi mente con esa pregunta, es la capacidad de hacer, la plataforma BIM catapultas las capacidades, empezando

⁶⁹ Vicepresidente de Innovación y Desarrollo en la compañía estadounidense 3M, con base científica que se dedica a fabricar productos ingeniosos en diferentes ámbitos: Cuidado de la Salud, Seguridad Vial, Oficinas, Abrasivos, Adhesivos, etc., más información: http://www.3m.com.es/3M/es_ES/empresa-es/



con cosas tan elementales como el dibujo.” Además agregó que: Como fortalezas de la plataforma, esta lo que ya platicamos, la comunicación, la inmediatez en la que se le da respuesta a un proyecto, la cercanía a la que aspiramos y logramos entre la idea y lo que se concreta.” Arq. Rivadeneyra H., Alejandro (2018). Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 15, 2a PARTE. Transcripción. p. 227

Con esta aseveración, se puede entender que a menudo lo que falta no es creatividad en el sentido de la idea de creación, es la innovación en el sentido de la acción, es decir, poner esas ideas a trabajar de manera inmediata para determinar sus debilidades y fortalezas y lograr concretarlas.

En el caso de la arquitectura, que mejor que un modelo tridimensional obtenido a partir de las herramientas que ofrece la plataforma BIM, donde se puede atacar la idea de manera integral y con la que adicionalmente se estaría logrando establecer un vínculo de comunicación entre lo que el arquitecto piensa proyectualmente hablando y lo que transmite desde un mundo virtual a su cliente, con la ventaja de tener cualquier cantidad de opciones en torno a esa idea en tiempo real.

Aquí es necesario exponer cómo mediate el modelado de información, la comunicación incluso se modifica y tiene profundas implicaciones en el pensamiento del diseñador, lo que conduce incluso a detonar el trabajo colaborativo, al respecto a continuación se presenta un segmento destinado a este punto en particular.

2.2.2 Comunicación y modelo virtual.

Los nuevos avances tecnológicos en la informática y las comunicaciones, han redefinido los fundamentos epistemológicos de la práctica arquitectónica, de esta manera el oficio del arquitecto actualmente está enfrentando cambios significativos, a tal grado que se conduce la praxis de los despachos de arquitectura hacia una tendencia de informatización

progresiva, detonando en el mundo laboral una demanda de profesionales altamente competitivos en el manejo de las nuevas tecnologías de la comunicación e información.

Las cosas han cambiado tanto en tan poco tiempo, que la realidad virtual se está aplicando en el diseño arquitectónico por ser una potente herramienta tecnológica que permite la visualización, navegación e interacción con el proyecto arquitectónico antes de éste ser construido, situación que dista mucho de lo que se hacía antes.

Al respecto, Rivadeneyra, H. Alejandro (2018) en la entrevista sostenida en marzo, hace referencia de los grandes cambios desde la experiencia que ha tenido a lo largo de su trayectoria hasta la época actual, narrándolo de la siguiente manera:

“En el 3D en AutoCAD, lo que se obtenía, era muy precario al principio. Cosa contraria con el ArchiCAD que permite modelar desde el principio, en un lenguaje muy cercano a lo que se quería transmitir. El cambio fue radical, al grado de emplear un programa de dibujo directamente en iPad, hasta que llego Morpholio y abandone la pluma. Aquí la diferencia, es que con esta plataforma, se le presenta al cliente que se le trabaja, algo que entiende, un modelo en 3D, muy cercano a la realidad en la que el transita y lleva su vida. Lo cual antes se hacía con una perspectiva que implicaba mucho tiempo y dinero. Ahora, la inmediatez es la diferencia. El cliente puede tener una experiencia a través de un modelo digital muy cercano a lo que va a ser el resultado final.” Ver entrevista en Anexo C, Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción. p. 226

En la actualidad, con el empleo de la plataforma BIM y otros recursos digitales, la realidad virtual comienza a tener popularidad desde la utilización de las maquetas virtuales, construidas con el lenguaje de programación

Virtual Reality Modeling Lenguaje (VRML), con lo cual se establece la comunicación arquitecto-cliente muy eficiente y práctica, cabe señalar que además de recorridos virtuales, también es posible el uso de sonido tridimensional, y dos niveles de interacción, uno básico (tales como puertas que abren y cierran, luces que encienden y apagan, etc.) y otro avanzado (superficies que pueden ser modificadas, realizando sobre éstas algún evento concebido mediante algoritmos⁷⁰ de programación en un lenguaje orientado a objetos). En ese sentido, en el Director General del Taller Rivadeneyra Arquitectos, expresa que:

“Desde las primeras intenciones proyectuales, ya se está interactuando con la plataforma. Yo me involucro en la solución del diseño hasta el último detalle con un modelo arquitectónico, opuesto al AutoCAD donde se partía de la abstracción del corte, la fachada y la planta, para después pasar al modelo; aquí es al revés, porque realmente se construye el modelo y donde la forma de pensamiento es mucho más natural.” Rivadeneyra, H. Alejandro (2018) Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción. p. 226

Es pertinente aclarar que el modelo virtual, permite al arquitecto explorar las posibilidades y concebir la propuesta desde todos los ángulos, para pulirla y evitar inconsistencias. A quien va dirigido el proyecto, este modelo, le permite un acercamiento contundente con objeto arquitectónico virtual en tercera dimensión, material que resulta comprensible para cualquier persona porque el mundo con el que se está familiarizado precisamente es tridimensional, por tanto la arquitectura virtual⁷¹ que se experimenta, es fácil

⁷⁰ En el contexto matemático, los algoritmos son una serie de normas o leyes específicas que hace posible la ejecución de actividades, cumpliendo una serie de pasos continuos que no le originen dudas a la persona que realice dicha actividad. Los algoritmos se pueden expresar de diversas formas: lenguaje natural, lenguaje de programación, pseudocódigo y diagramas de flujo. Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/algoritmo/> Consultado el 5 de mayo 2018.

⁷¹ Entiéndase por arquitectura virtual: “...aquel universo de objetos construidos, visualizados, accedidos, manipulados y utilizados tridimensionalmente, con propósito arquitectónico y permanencia con derecho propio, en un ámbito digital informático que les confiere su condición de virtualidad, al ser esta activada dentro o fuera de línea.” Vélez J. (2010, p. 6) Arquitectura virtual: fronteras. Disponible en: <http://papers.cumincad.org/data/works/att/672b.content.pdf> Consultado el 11 de mayo 2018

de interpretar, por lo que se vuelve elemento clave de comunicación entre las ideas y lo que se materializa.

Estos recursos tecnológicos, además, ha propiciado otras alternativas que logran hacer del proceso proyectual inicial, algo más dinámico, en relación a esto, se aborda el siguiente punto, donde se manifiesta cómo mediante el empleo de la plataforma BIM, se logra versatilidad en una propuesta lo que repercute en la detonación de una extensa gama de posibilidades.

2.2.3 Flexibilidad y manipulación para potencializar la solución.

El método de trabajo con el empleo de la plataforma BIM desde la idea base hasta la conclusión integral del proyecto, no sólo consigue establecer positivamente la comunicación, colaboración, simulación, etc., para todos los involucrados y la optimización de todos los recursos –tiempo, dinero y capital humano- del proyecto, BIM a diferencia de la metodología tradicional, consiente la generación de arquitectura virtual basada en el modelado de datos y en el proceso de representación, lo que ofrece vistas multidimensionales que se integran por componentes dotados de todos los atributos.

La inclusión de datos que se encuentran ligados al proyecto, desde el inicio hasta el final, conllevan a crear una realidad virtual dinámica y actualizable, que adicionalmente posibilita su ensayo y optimización en todos sus aspectos, a esto se suma la oportunidad de transmitir eficientemente los datos completos del diseño, sin pérdidas de ninguna índole y reduce el factor de incertidumbre.

Una muestra que evidencia como la plataforma BIM, permite la flexibilidad y que la administración de los datos que integran el modelo para lograr mejoras en la solución arquitectónica, en coincidencia con lo que plantea



Pilar Jiménez Abós⁷², en la entrevista sostenida con la Universidad de Autónoma de Madrid en 2014:

“Quienes hemos trabajado con proyectos que nos venían en CAD estamos habituados a detectar incongruencias en la documentación: pilares, shunts de ventilación y hasta chimeneas que de una planta a otra no coinciden, ventanas que en la planta están en un sitio y al alinear el alzado están desplazadas 1 metro... etc. En modelos BIM, si por ejemplo mueves una ventana, ese desplazamiento se actualiza en todos los planos y documentación. Sólo lo cambias una vez. Lo mismo si decidimos ampliar la sección de un pilar de hormigón o cambiar el tamaño de una ventana. Basta seleccionarlos y modificarlos: la cuantificación del hormigón necesario también estará actualizada así como las nuevas dimensiones de la ventana y aparecerán correctamente dibujados en las plantas y secciones que se vean afectadas. Esto evita muchos olvidos y sobre todo, muchos problemas en obra” (Jiménez A. 2014, párrafo 7)

122

Lo anterior revela la versatilidad que ofrece la plataforma BIM y la manera que permite al proyectista entrar en la dinámica que otorga la posibilidad de exploración y de generación de múltiples opciones entorno a la idea base.

En ese sentir, David J. Andrews, profesor de diseño de ingeniería en el University College of London, comenta que: *“BIM permite al diseñador examinar muchas más facetas del proyecto, en la etapa inicial de dimensionamiento, utilizando sofisticadas herramientas de gráficos por computadora”*. (J. Andrews citado en la revista AD BIM Design, Garber, Richard, 2014, p. 16)

⁷² Arquitecto BIM Manager en ArchiCAD y Project Manager enfocada en planificación de proyectos con experiencia demostrable en la preparación de la documentación de los sobres técnicos para licitaciones de la administración pública en Edificación.

Con esta última cita se puede asumir que es real la flexibilidad que la plataforma le permite al arquitecto luego de haber formulado una idea en su imaginación como respuesta inmediata a un problema.

En ese tenor, se desprender el siguiente segmento, pues resulta indispensable indagar si la plataforma BIM resulta potencializadora en el lapso de esa idea y lo que se aterriza en un primer momento con la herramienta.

2.2.4 ¿Es posible alcanzar lo que se había formulado en la imaginación?

El ejercicio mental que se realiza para llegar a una aproximación de solución arquitectónica, pasa por un proceso hasta que el diseñador llegar a la decisión de que una idea viable de ser ejecutada en el software. Esto no está peleado con el ejercicio de bocetaje a lápiz y papel -que algunos optan por hacer- antes de pasar a digitalizar la primera intención proyectual. Sin embargo, hay quien prescinde de hacer bocetos a mano y prefieren ejecutar esa idea preliminar directamente en algún dispositivo. Tal es el caso del arquitecto Alejandro Rivadeneyra, quien emplea para ese propósito la Tablet y Morpholio, como ya se señaló en una cita precedente y que también aparece en la entrevista del Anexo C.

Cabe señalar, que las ambiciones conceptuales del diseñador que utiliza herramientas BIM, aún no pueden ser reemplazadas, es por ello que se afirma que la máquina no piensa sola, únicamente detona variedad opciones a elegir, por lo que requiere del ente pensante con la capacidad profesional y el conocimiento suficiente, que dirija esa idea a la obtención de la solución óptima.

La revista AD BIM Design, Realising the creative Potentil of Building Information Modelling, por Garber, Richard, publicada en 2014, publica un

artículo titulado: Information Modelling Today, en el cual se hacen aseveraciones que coinciden con los planteamientos de esta investigación al señalar que:

“...se ha escrito muy poco acerca de cómo estas herramientas permiten la racionalización y la optimización del diseño. Intenciones para los arquitectos en puntos muy anteriores en el proceso de desarrollo del proyecto. Cómo el arquitecto puede aprovechar estas herramientas para amplificar intenciones cualitativas que no son necesariamente cuantificables en términos de ahorro de costos o eficiencias más pragmáticas es un área de BIM que no se ha explorado por completo.” (AD, BIM Design 2014, p. 19)

Con lo antes mencionado, se exponen aún más las eficiencias pragmáticas a la vez que se amplía la noción de que BIM permite un proceso de diseño completamente nuevo al utilizar un conjunto de herramientas aumentadas que abordan cuestiones de diseño contemporáneo, de ahí que se pugne por un cambio de pensamiento y se observe la plataforma con otros ojos.

Con estas herramientas digitales, las intencionalidades proyectuales pueden seguir caminos muy diversos, en función de lo que el diseñador arquitectónico tenga en mente, pueden ser dentro de un diseño muy conservador a base de trazos ortogonales o bien en la búsqueda de formas más atrevidas donde la parametrización hace posible alcanzar lo que se imagina con el empleo de la plataforma.

En la siguiente Figura N° 15, se ejemplifica como la misma herramienta tecnológica, posibilita cualquier inquietud de diseño y por sencillos que parezcan los ejemplos que se exponen, finalmente, se logra transmitir que es posible manejar la plataforma BIM con propósitos que no solo se limitan a controlar y eficientar los procesos de construcción, sino que el empleo de BIM desde el inicio, consiente infinitas posibilidades.

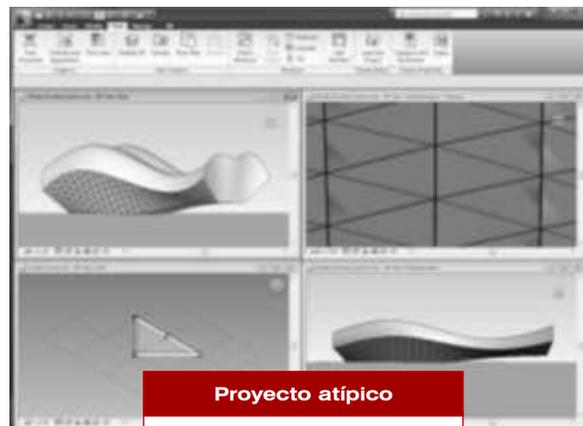
Además es viable repercutir en los alcances a lograr por el proyectista en la etapa inicial del ante proyecto y entender que la plataforma le faculta el desarrollo de ideas que antes era más complejas de concretar.

Figura N° 15. Diferente intencionalidad proyectual.



Proyecto convencional

Propuesta de trazo
ortogonal



Proyecto atípico

Propuesta de trazo
orgánico

Fuente: Imágenes procedentes de SOFTWARE BIM / DE DISEÑO / DE ARQUITECTURA / PARA EDIFICIOS. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/autodesk/>.html
Consultado el 21 de mayo de 2018

Nota aclaratoria.- Las imágenes se utilizan para ejemplificar lo antes descrito. Los pies de imagen son asignados por la autora para reforzar la idea antecedente.

Al respecto, se tienen como ejemplo los paraboloides hiperbólicos de doble curvatura de Félix Candela, caso específico el restaurant de los manantiales

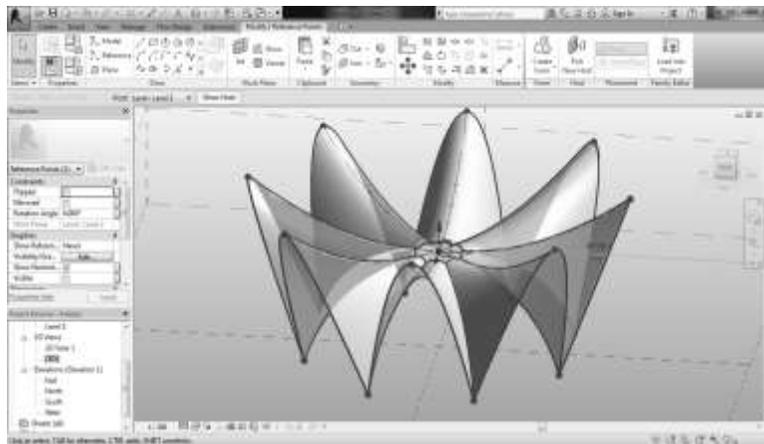
en Xochimilco (Figura N° 16), que hoy con las alternativas que brinda la plataforma se pueden modelar rápidamente (Figura N° 17).

Figura N° 16. Restaurant de los Manantiales de Félix Candela en Xochimilco.



Fuente: Félix Candela: los secretos del maestro de Calatrava, en Madrid. (2010, p. 32)

Figura 17. Modelado digital de Paraboloide hiperbólico de doble curvatura.



Fuente: Modelado por la autora en el programa Revit 2016 Archivo personal

A partir de esta propuesta arquitectónica se exploran un mayor número de opciones con tan solo modificar los parámetros de altura, o ancho el número

de divisiones, o bien jugar con las alturas de las crestas y los valles de los paraboloides; además de poder aplicar distintos texturizados, recubrimientos y espesores de la losa, con esto se estaría logrando una cantidad infinita de opciones en un lapso corto.

Como evidencia de lo antes descrito se encuentra la Capilla Bosjes proyecto de los arquitectos Steyn Studio, en 2016, ubicada en Breederiver Valley, R43, Municipalidad Witzenber, Sudáfrica, cuya composición plática se aproxima a la forma que en esencia describe el restaurant de los Manantiales en Xochimilco, México el hiciera Félix Candela. No obstante, la descripción que emiten el arquitecto autor de la Capilla Bosjes, señala lo siguiente: *“Su forma escultórica emula la silueta de las cadenas montañosas circundantes, rindiendo homenaje a los aguilones históricos holandeses del cabo que puntean los paisajes rurales del Cabo Occidental.”* Steyn, Coetzee 2017, párrafo 1), Disponible en archdaily.mx

En la siguientes imágenes puede apreciarse como a partir del mismo modelo alterando -con ciertas intencionalidades- los parámetros se puede llegar a una variantes de diseño en el proceso de búsqueda (Figuras N° 18, 19, 20 y 21).

Figura N° 18. Acceso principal a la Capilla Bosjes, 2017.



Figura N° 19. Vista lateral de la Capilla Bosjes, 2017.



Fuente: Steyn Studio 2017, disponible en ArchDaily. Consultado en abril 2018

Figura N° 20. Altar de la Capilla Bosjes, 2017.



Figura N° 21. Fachada posterior de la Capilla Bosjes, 2017.



Fuente: Steyn Studio 2017, disponible en ArchDaily consultado en abril 2018

Con esto concluye el Capítulo 2, el cual ha transitado en demostrar cómo los procesos tecnológicos actuales propician el trabajo colaborativo mediante el empleo de la plataforma BIM, para el desarrollo de proyectos, además de que en su fase temprana dan la pauta para entender BIM en otro ámbito, muy diferente del que la mayoría tiene –control eficiente de la obra–.

Por otra parte, es precisamente en el contenido de este capítulo que se ha logrado tener una concepción general hasta llegar a las implicaciones el proceso de pensamiento con el empleo de esta herramienta tecnológica actual. Kenneth Frampton, en su participación en la Universidad de Yale en 2010, señala que:

“La arquitectura, por definición, aspira a un estado de síntesis cultural y no puede ser totalmente coherente en términos de criterios cuyo único objetivo es optimizar la producción como un fin en sí mismo, ya que en su mejor momento, la construcción de cultura incorpora valores que trascienden nuestra tendencia actual a maximizar el ciclo de producción / consumo en cada faceta de la vida. Al mismo tiempo, las transformaciones materiales y operativas que tienen lugar en la industria de la construcción no pueden ser ignoradas por la profesión, solo por el hecho de que muchas de estas innovaciones provienen de la profesión misma.” (Frampton K. 2010, p. 31)

La parte final de esta cita, apunta a no dejar de considerar las transformaciones, aun cuando estas vengan del mismo quehacer de los involucrados en la arquitectura, y una parte que se debería entender como complemento de esto, es precisamente como ha sido la transición para que el arquitecto haya ido cambiado su pensamiento, y se permitiera emigrar del papel a la plataforma BIM, que justo son los aspectos a tratar en el segmento siguiente.

Pues resulta preponderante entender que como se va del pensamiento a al papel o a la plataforma BIM, al respecto, finalmente en ambos casos es del ente pensante de quien depende lo que suceda según la herramienta que se emplee, y de las limitantes que estas tengan, como se coincide con lo expuesto por Oscar Kaplan Frost⁷³, en el siguiente fragmento de su artículo publicado en la Reflexión Académica en Diseño y Comunicación N° VIII, de la Universidad de Palermo.

En el campo del diseño, el dibujo resulta ser un medio de comunicación adoptado durante las distintas instancias del proceso proyectual, para la transmisión de las ideas a terceros o simplemente como una herramienta utilizada para una retroalimentación muy personal. En éste aspecto, cualquier técnica, instrumental o tecnología aplicada, serán simplemente un recurso de los que dispondrá el diseñador. (Kaplan F. 2007, p. 184)

Sirva lo anterior como preámbulo para el inicio del siguiente Capítulo 3, al cual le compete atender cómo un arquitecto va del pensamiento a las herramientas manuales o digitales en la fase inicial de la proyectación.

⁷³ Arquitecto, profesor de la Universidad de Palermo en el Área de Diseño de Espacios de la Facultad de Diseño y Comunicación. Integró el Equipo de Gestión Académica coordinando el Área de Diseño de Interiores de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo. En su tarea profesional se desempeña en forma independiente, en arquitectura y en diseño de Interiores, especializado en la temática de vivienda, oficinas e industria, con obras nuevas y remodelaciones. Disponible en: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/docentesdc/claustro-docente/curriculum.php?id_docente=3121 Consultado el 29 de mayo 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

CAPÍTULO
3

**Del pensamiento al papel –
Del pensamiento a la plataforma BIM
Del hombre a la máquina.**



Una noción bastante aceptada, es que por su propia naturaleza, la arquitectura está fuertemente vinculada al momento en que fue ejecutada, se asume entonces que es el reflejo del pensamiento del hombre, de las características sociales de la época en que se desarrolla y en consecuencia de la tecnología que prevalece en ese momento, lo cual repercute en los modos de trabajo. En ese sentido, el pensar del arquitecto que busca alternativas para dar respuesta a una problemática, se ve permeado por el contexto, llámese tecnología, ideología, recursos, etc.

Sin embargo, este planteamiento en su generalización, detona una serie de interrogantes que no se resuelven per se, debido a que tanto en el conocimiento como en la sociedad de una época existen diferencias internas notables. Por más que pertenezcan a un mismo momento histórico y estén relacionadas entre ellas, no es igual el pensamiento abstracto que el tecnológico, ni el modo de vida y tampoco la forma en que enfrentan y le da solución a los diferentes problemas.

Las vivencias definidas como sensaciones son la fuente de principal información y de conocimiento del mundo exterior y del propio cuerpo, y tiene la particularidad de poder interrelacionarse y es por medio de los sentidos que se logran esas vivencias, Como señala Merleau-Ponty (1994, p. 238) *“cada órgano de los sentidos interroga al objeto a su manera”*

Compete al Capítulo 3, atender lo relativo al proceso que el arquitecto realiza para plasmar sus ideas y lograr los resultados con los que se propone dar respuesta a la necesidad de alguien por un espacio arquitectónico. En primera instancia, se dan las consideraciones pertinentes al ejercicio y logros que se obtienen cuando se va del pensamiento a algún medio específico -con el empleo de las herramientas tradicionales de dibujo como lápiz y papel- y en un segundo momento, cuando estos procesos son

ejecutados con el empleo de la tecnología, es decir, con el empleo del ordenador y los softwares.

Bien es cierto que mucho se ha debatido ya sobre la incorporación de los dispositivos digitales en las diferentes actividades profesionales, al igual que en las cotidianas. No obstante, los ordenadores luego de casi una treintena de años de integración ininterrumpida y simultaneo estado de perfeccionamiento permanente, ya ha quedado muy lejos el motivo de refutación o cuestionamiento de sus aplicaciones y alcances, como sucedió en un inicio.

No obstante, aún prevalece la disputa entre los apasionados usuarios de las herramientas digitales y los defensores del dibujo a mano alzada, a pesar de formar parte irrenunciable de la formación de las nuevas generaciones de profesionales de la arquitectura.

Estos divergentes puntos de vista, se emplazan desde varios aspectos, como las referidas a sus posibilidades expresivas, a sus tiempos de elaboración, a las alternativas de modificación, a las factibilidades de almacenamiento y a la agilidad en la circulación de la documentación, y para el caso de esta investigación la consideración de su introducción en el desarrollo del proceso creativo en la fase temprana del diseño arquitectónico.

Este debate entre partidarios de una herramienta manual y otra digital, claramente se puede ejemplificar a continuación, con lo que Oscar Kaplan Frost, cita en su artículo: Dibujo analógico + Dibujo digital -aludiendo que la información fue tomada de otro referente-.

“En una nota del diario Clarín, titulada ‘Crítica al mundo virtual’, encontramos dos posturas antagónicas, como la que sentencia, desde su

oficina en Los Ángeles, el joven arquitecto argentino Hernán Díaz Alonso, colaborador del Arq. Peter Eisenman, afirmando que “El diseño analógico murió”. Y por el otro lado, desde su estudio - donde los proyectos nacen de dibujos a mano alzada -, el Arq. Raúl Lier contestaba: “Hasta ahora, el software no posibilita el diseño, sino que facilita y agiliza la documentación de una obra”. (Kaplan, F. 2007, p. 184)

A lo anterior se le puede agregar que existe quienes mancomunan libremente a la intervención digital en la arquitectura, con la producción racional de un proyecto, y le adjudican al uso del lápiz el enorme beneficio de ser el provocador intuitivo. Estos juicios; le otorga al lápiz una consideración más creativa mientras que se le ubica en un nivel solamente técnico a los medios digitales. Por otra parte, quienes están más habituados al papel que a la pantalla, argumentan que se puede trabajar mejor en él para no perder conceptualmente la generalidad del trabajo.

Para esclarecer estos antagonismos se procede a integrar a continuación, lo que sucede en términos de la materialización de la idea arquitectónica por medios manuales en contraparte con los medios digitales.

Figura N° 22. Dibujo a mano vs Dibujo digital.



Fuente: Dibujo a mano: Pracownia Rysunku / Por computadora: Piranesi, Disponible en:
<https://mrmannoticias.blogspot.com/2014/07/dibujar-mano-o-por-computadora.html>
Consultado el 14 de mayo de 2018

3.1 Materialización de una idea arquitectónica con las herramientas tradicionales.

Como preámbulo, se puede señalar que resulta evidente, por una parte, que la arquitectura, tal como se ha entendido a lo largo de la historia, encontró en el dibujo, un instrumento tan esencial como la misma construcción. En términos universales, no se concibe un edificio de cierta complejidad sin una representación precedente más o menos esquemática, es decir, sin un croquis o ante proyecto, donde son vertidas las ideas que se desencadenaron como la solución inmediata a un problema arquitectónico.

Por otro lado, esta imperiosa necesidad de que toda idea pase por el plano, aunque no ha sido la única estrategia para resolver un proyecto, esto se puede corroborar con aproximarse a los procesos que tuvieron que seguir algunos arquitectos excepcionales, para obtener el resultado que buscaban, por ejemplo, se sabe que Borromini utilizó mucho las maquetas de cera; Antonio Gaudí experimentó con estructuras funiculares suspendidas; Le Corbusier hizo presentaciones secuenciales de sus espacios, como en un storyboard⁷⁴ cinematográfico. Pero ni siquiera estos experimentadores geniales soñaron nunca con prescindir del trazado de sus ideas sobre el papel. Al respecto, el empleo de una herramienta tecnológica tampoco niega que un boceto a mano, sea un primer paso de acercamiento.

Cuando se trata de concebir lo que todavía no existe, lo que surge y se concreta en el cerebro; la mano que plasma imágenes, sigue siendo insustituible. Conviene, entonces recordar que el dibujo, ha sido siempre un instrumento imprescindible y un medio de expresión contundente, con el cual se puede lograr una representación.

⁷⁴ Organizador gráfico que planea una narrativa son una manera poderosa de presentar visualmente la información; La dirección lineal de las células es perfecta para contar historias, explicar un proceso y mostrar el paso del tiempo. En su núcleo, los storyboards son un conjunto de dibujos secuenciales para contar una historia. Disponible en: <http://www.storyboardthat.com/es/blog/e/qu%C3%A9-es-un-storyboard> Consultado el 1° de mayo 2008

Abriendo un paréntesis, el término de representación, es usado como vocablo general que puede referirse a diversos tipos de entendimiento del objeto, asimismo, puede tener diferentes acepciones. En el mundo de la psicología, pueden distinguirse las significaciones que exhibe la Tabla N° 9.

Tabla N° 9. Implicaciones del término representación.

REPRESENTACIÓN		
N°	Acepciones	Interpretación
1	Aprensión del objeto efectivamente presente. Es usual equiparar entonces la representación con la percepción, o alguna de sus formas	Se refiere a la recepción de información, a la aprehensión intencionada del objeto a través de los sentidos, su cualidad es plenamente la 1a
2	Reproducción de la conciencia de percepciones pasadas. Se trata entonces de las llamadas "representaciones de la memoria" o recuerdos	El sentido es la capacidad de evocar, de hacer presente vivencias pasadas, lo cual evidencia una conciencia de las mismas. Encuadra en 2a
3	Anticipación del acontecimientos futuros a bases de una combinación de percepciones pasadas, reproductiva o productiva, es usual equiparar entonces la representación de la imaginación	Esta opción se refiere la intuición, a una especie de sabiduría subjetiva que guía las actividades espontáneas, memoria de lo vivido que relaciona presente, pasado y futuro. Pertenece a 2a
4	La unión en la conciencia de varias percepciones no actuales (pero tampoco pasadas ni anticipadoras). En este caso se habla asimismo de imaginación o hasta de alucinación.	Constituye un amplio espectro que transita entre la fantasía y la alucinación, entre la capacidad de inventar, de sugerir formas nuevas, y la anomalía perceptiva (no orgánica), la perturbación, se inscribe en 2a
Otras implicaciones del término		
Los cuatro sentidos detallados antes, se refieren a lo que se ha llamado "cualidad de la representación", pueden considerarse además		
1a	Representaciones basadas en el predominio de un sentido, hablándose de representaciones ópticas, acústicas, etc.	2a Representaciones basadas en la forma, hablándose de representaciones eidéticas ⁷⁵ , conceptuales afectivas, volitivas ⁷⁶ , etc.
Dentro de la epistemología, la representación puede entenderse en dos sentidos básicos:		
1b	Representación como contenido mental. La representación es entendida como un actos y las más de las veces se le da un sentido subjetivo y privado	2b Representación como aquello que se presenta en el ato de representar, es decir como el objeto intencional de semejante acto
Coincide en cuanto al ámbito de acción, con el concepto psicológico de representación		Se refiere al acto de representar, de mostrar la forma, el objeto; es un acto público, comunicativo. <u>(Pertinente en el campo de dibujo arquitectónico)</u>

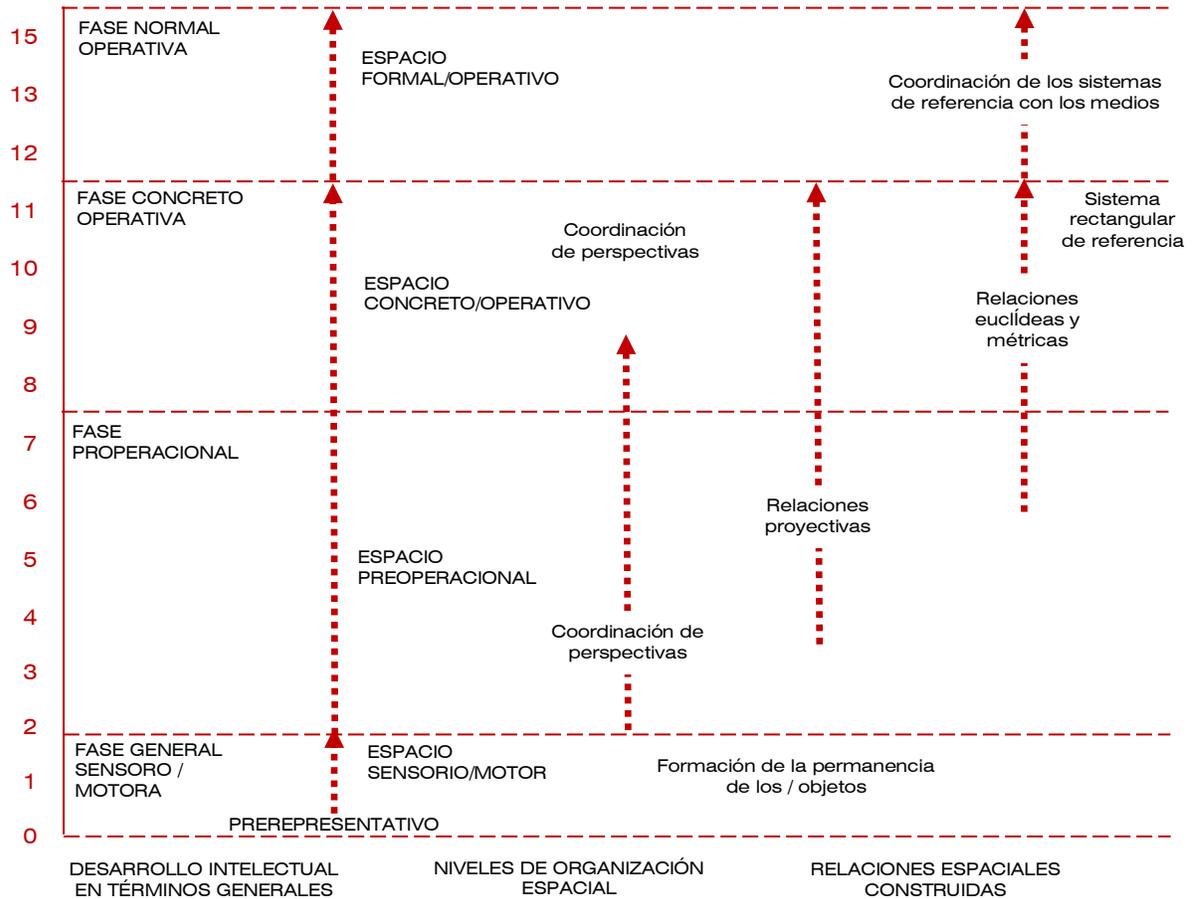
Fuente: Tabla estructurada por la autora, basada en Ferrater M. (1991, pp. 673-674)

⁷⁵ De acuerdo con la real academia española, el término que se refiere a la esencia, aquello que guarda relación con los conocimientos. Se trata de un término de origen griego (formado a partir de eidos, o sea "forma") que se emplea en el ámbito filosófico para describir lo relacionado a la esencia. Por lo tanto, puede decirse que lo eidético es un concepto opuesto a lo fáctico y a lo sensible. Además, la palabra eidético puede ser usada como adjetivo con el fin de señalar a un sujeto que posee la capacidad de visualizar situaciones u objetos. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=ERb5okE> Consultado el 12 de mayo de 2018

⁷⁶ Término que proviene del latín y su traducción está directamente relacionada con el verbo "querer". La Real Academia Española (RAE) afirma que volitivo es aquello relacionado con los actos y fenómenos de la voluntad. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=ERb5okE> Consultado el 12 de mayo de 2018

Antes de abordar el dibujo a mano en el campo de la arquitectura, es conveniente señalar que la acción de dibujar o de lograr comunicar una imagen gráfica empleando lápiz y papel, surge en el individuo entre los 2 y 3 años, como un proceso que se encuentra en medio de la imagen mental y el juego. Las fases sucesivas contenidas desde el garabato infantil hasta la representación espacial del adolescente, quedan ejemplificadas con la Figura N° 23, que se incorpora a continuación, en la cual se revela la maduración figurativa a temprana edad.

Figura N° 23. Esquema de las fases generales del desarrollo mental en la infancia y en la pre-adolescencia.



Fuente: Muntañola, J. (1974, p. 65)

Nota aclaratoria.- El esquema se elabora por la autora, apegándose estrictamente al planteamiento de Muntañola.

Relativo a la naturaleza de las imágenes, Wölfflin⁷⁷ precisa que: *“todas las imágenes deben más a otras imágenes que a la naturaleza”* (Wölfflin citado por Gombrich, 1967, p. 20), lo anterior, expresado en otras palabras, se entiende como un mundo vasto de imágenes que logra propiciar más capacidad para generar otras imágenes.

En términos generales el dibujo, es el arte visual de representar algo en un medio bi o tridimensional mediante, diversas herramientas y/o métodos. Como complemento puede señalarse que dibujar consiste en delinear en una superficie, y sombrear imitando la figura de un cuerpo. Naturalmente, a este concepto -eminente gráfico- se le puede añadir otra serie de acepciones en sentido figurado. De esta sencilla definición, se obtienen dos observaciones que van a ser fundamentales: primero, la importancia de la línea; y segundo, la transposición de las tres dimensiones del espacio a las dos del plano.

Para plasmar, la realidad en un dibujo, el hombre tuvo que pasar por un proceso particularmente largo. Uno de los periodos donde se realiza una búsqueda profunda de métodos técnicos, apoyados de diversas herramientas, para representar de manera más precisa el contexto y llevarlo en el papel, es justo en el renacimiento, donde destaca por sus grandes aportaciones Alberto Durero⁷⁸, entre muchos otros.

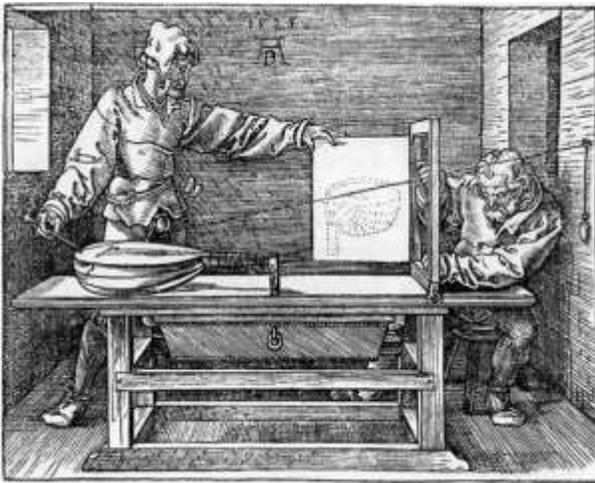
En la actualidad, se tiene conocimiento de diversas técnicas para reproducir la realidad con el dibujo, gracias varios de los grabados autoría de Durero (Ver Figura N° 24) con estos métodos, se otorgó la posibilidad de obtener

⁷⁷ (1864-1945) Famoso crítico de arte suizo, profesor en Basilea, Berlín y Múnich, considerado como uno de los mejores historiadores de arte de toda Europa. Definió la historia del arte como una historia sin nombres, en la que los estilos están desligados del contexto socioeconómico y la cultura, a través de dos conceptos fundamentales: Renacimiento y Barroco, entendidos no como momentos históricos concretos, sino como categorías universales opuestas. Disponible en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/w/wolfflin.htm> Consultado el 19 de mayo de 2018

⁷⁸ (1471-1528) El artista más famoso del Renacimiento alemán, conocido en todo el mundo por sus pinturas, dibujos, grabados y escritos teóricos sobre arte. Ejerció una decisiva influencia en los artistas del siglo XVI

objetos en tercera dimensión de manera muy eficiente, aunque se requería de destreza en el dominio de la proporción y una agudeza visual considerable. Por su parte, también Brunelleschi y Leonardo Da Vinci hicieron aportaciones significativas en su búsqueda de concretar la perspectiva, como se distingue en la Figura N° 25.

Figura N° 24. Métodos mecánicos para dibujar una perspectiva, 1525.



Hombre Dibujando un Laúd, Alberto Dürer.

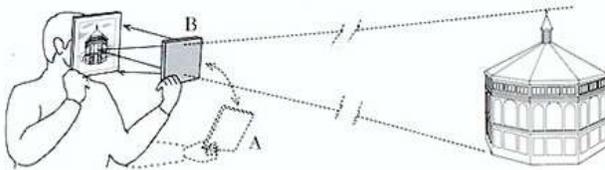


Artista y modelo, grabado de Dürer.



Grabado de Dürer que ilustra el invento de Jacob Keser

Figura N° 25. Aportaciones de Brunelleschi y Da Vinci en el dibujo de la perspectiva.



El primer experimento de Brunelleschi, con el Baptisterio visto desde la puerta de la catedral. El observador puede comparar (A) la vista directa del edificio a través de un agujero perforado en la tablilla (B) con el reflejo en el espejo de la imagen del edificio pintada sobre la tablilla.



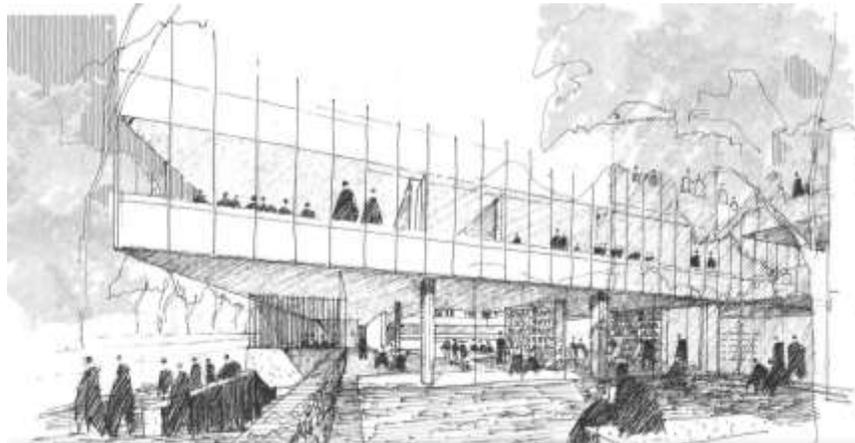
La ventana de Leonardo Da Vinci, permitió comprender las leyes que rigen la perspectiva cónica, que es el sistema de representación que más se asemeja a cómo el ojo humano ve la realidad.

El dibujo ha sido fundamental en el trabajo profesional del arquitecto, pues constituye una actividad de rigor conceptual e instrumental, que va desde la

ideación de la propuesta hasta su desarrollo y adecuación. Por lo tanto, se necesita la flexibilidad que el dibujo otorga para poder experimentar anticipadamente cada una de las posibles soluciones.

En esta faceta de la actividad del arquitecto, el dibujo tiene principalmente un uso cognitivo, en el dominio de las posibilidades y restricciones de sus intenciones proyectuales y de igual forma establece el medio de comunicación con otros colaboradores. La transmisión de lo que se pretende hacer, muchas veces se logra empleando recursos como la perspectiva, donde con técnicas diversas (Ver Figura N° 26), y luego de invertir muchas horas de trabajo, se pueden lograr con mayor eficiencia la comunicación de la ideas.

Figura N° 26. Perspectiva a mano.



Fuente: Archidaly (2015) Cortesía del Equipo Maximiliano Álvarez-Axel Tanner.

El arquitecto ejerce profundo control sobre el desarrollo del proyecto, finalmente, el dibujo es el documento gráfico que contiene la descripción precisa y concreta de todas sus decisiones, donde no debe haber ambigüedad en su lectura.

El dibujo arquitectónico hecho a mano –hasta antes del siglo XX– era entonces el medio que le otorgaba fuerza y presencia a las ideas del

arquitecto, destacado su talento o en su defecto delatando sus inconsistencias. *“A fuerza de universo de medios, la técnica puede tanto debilitar como aumentar el poder del hombre, en la etapa actual el hombre es quizás más importante que nunca frente a su propio aparato.”* Macus H. citado por Habermas, Jürgen (1992, p. 64).

Por lo tanto, la manera en que antiguamente se materializaba una idea arquitectónica quedaba en manos de quien dominaba el arte del dibujo con herramientas tradicionales como escuadras, lápiz y papel, aquí hay que destacar que no bastaba únicamente con saber dibujar para lograr transmitir una propuesta, como se precisa en la siguiente cita, esto va más allá de solo una destreza.

Aprender a dibujar para proyectar es adquirir hábitos operativos - comprensivos y ejecutores-nuevos, no sólo aprender a dibujar como mera disciplina propedéutica [...] En la configuración arquitectónica, la implicación del cuerpo, brazo, manos, dedos, el cuerpo como soporte y como modelo es esencial. Dibujar-modelar-proyectar la virtualidad envolvente de la arquitectura como espacio vivencial implica acciones-reacciones de alto contenido subjetivo-sensitivo-emocional [...] Por eso, el aprendizaje inicial es experimentar con gestos, acciones, medios... que permitan liberar las manos, sentir el placer de su fluidez movimental y sorprenderse de su capacidad formante [...] La manipulación de diversos materiales y herramientas para dibujar y construir modelos intensifican la percepción táctil y permiten completar el conocimiento a través de la visión [...] Necesitamos las manos para ver, para completar el resto de los sentidos, para llenar de la autenticidad de la materia y de la construcción el hecho arquitectónico (Trachana, 2012, p. 292).

La materialización de una idea arquitectónica con el empleo de herramientas tradicionales, además de requerir del bagaje de conocimientos inherentes a la arquitectura, supone una destreza en el

el pensamiento al papel, no obstante, se tiene que reconocer que la velocidad a que son demandados -en la actualidad- el desarrollo de propuestas y diseños de espacios en el mundo de la arquitectura, lo que deja en enorme desventaja -por no decir que en la obsolescencia- a quien lo hace por medios manuales, pues el intercambio de información digital no tiene compatibilidad con este proceso manual. Por lo tanto, esto significa una limitante, si se trata entender la manera en que viaja hoy la información.

Por otra parte, por admirable la calidad de un dibujo a mano bien ejecutado, no obstante, el proyectista enfrenta igualmente el obstáculo de no poder producir la enorme cantidad de planos que demanda un proyecto ejecutivo, sin que esto le impliquen horas de trabajo en el restirador y que tenga que repetir láminas completas si se efectúa un cambio radical en el proyecto.

Figura N° 28. Le Corbusier y sus colaboradores en taller 35 Rue de Sevres, 1924.



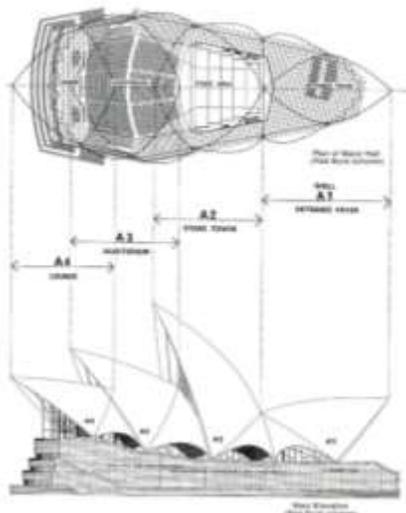
Fuente: Archivo fotográfico de la fundación Le Corbusier, consultado en 2018

Aunado a ello, el proceso de dibujar a mano exige contar con grandes talleres de dibujo -como se muestra en la Figura N° 28- para poder alojar a quienes se tienen que coordinar entre sí para sacar el trabajo a lo largo de grandes y extenuantes jornadas de trabajo -en comparación al tiempo que se destina con el empleo de ordenadores y softwares en la actualidad- sin olvidar el factor económico que implica el pago de los numerosos integrantes del equipo, para llevar a buen término el proyecto.

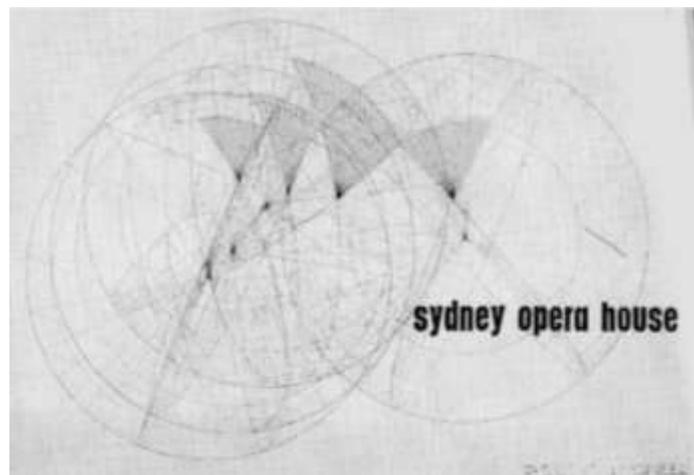
Pero alejándose de lo concerniente a maquila, el espacio amplio de trabajo y a los salarios que esto implica, se encuentran las limitaciones proyectuales que podría tener quien dibuja con herramientas tradicionales. De esto, surge el cuestionamiento sobre el número incalculable de ideas que se habrán perdido por la falta del recurso idóneo para plasmar lo que se tenía en mente.

Con todo, se reconoce que a lo largo de la historia de la arquitectura, han destacado algunos arquitectos -adelantados a su época- quienes fueron capaces de lograr por medios manuales, grandes proezas sin tener los recursos digitales de hoy, aunque la inversión de tiempo y dinero haya resultado elevada. Tal es el caso del arquitecto danés Jorn Utzon, y su original diseño de la Opera House de Sydney, en Australia que con el tiempo se convirtió en el emblema del país.

Figura N° 29. Dibujos originales de la Opera House de Sydney.



Fuente: Dibujos Originales - Ópera de Sydney. Imagen © Jørn Utzon / Cortesía de Bibliodyssey



Fuente: Cubierta original de la competencia para la Ópera de Sydney. Imagen - Ópera de Sydney. Image © Jørn Utzon / Cortesía de Bibliodyssey

No obstante, la arquitectura obtenida por Utzon, a partir de que resultara ganador del concurso en 1956, iniciaría una odisea que le demandaría a

nueve años de dedicación para lograr que su propuesta -ante la carecía de tecnología de la época- se pudiera concretar y alcanzar la materialización de sus pensamientos en un proyecto ejecutivo viable de ser construido.

Vale la pena precisar que derivado de la inexistencia de tecnología apropiada para la resolución de todos los detalles que demandaba el proyecto, el proceso de construcción se tornó complejo, caótico y tortuoso, ya que se disparan exponencialmente los costos al multiplicarse el número de imprevistos y problemas, situación que conduce a tres etapas de construcción que sumadas resultarían catorce años, que bien valieron la pena, pues el objetivo primordial finalmente se cumplió, al convertirse en un edificio único por su forma y que hoy es la insignia con la que se asocia a Australia. Lo que coincide con lo expresado por el Primer ministro de NSW Joseph Cahill⁷⁹ cuando manifestó lo siguiente: *“Surely it is proper in establishing an opera house that it should not be a 'shadygaff' place but an edifice that will be a credit to the State not only today but also for hundreds of years.”*

Lo audaz de este ejemplo, es la manera en la que la obra finalmente se edificó fiel a lo que de origen había proyectado el arquitecto, precisamente por tratarse de un diseño atípico, aunque no hay que perder de vista que se trata de una excepción.

Tiene pertinencia mencionar que para este arquitecto sui géneris, el arte consistía en: *“la liberación de las fuerzas creativas que uno lleva dentro”*, (Alba, D. 2011, p. 40) planteamiento que lleva a hacer emerger desde el fondo oscuro del pensamiento ese mundo de ideas para acercarlas a la luz de una realidad constructiva y material que las convierta en algo tangible y real: el proyecto de arquitectura. En esta tarea consideró necesarias tanto la

⁷⁹ (1891 - 1959) político, trabajador ferroviario, sindicalista y primer ministro del Partido Laborista australiano de Nueva Gales del Sur de 1952 a 1959.

ciencia como la intuición, y en este sentido expresó las siguientes palabras:
“Si uno quiere llegar a ser arquitecto, habrá de dominar la tecnología para poder desarrollar sus ideas, para demostrar el acierto de sus intuiciones, para construir sus sueños” (Heinemann 1984, p. 214)

En la actualidad, después de los logros que se han obtenido con los avances tecnológicos y la variedad de softwares, surgen múltiples cuestionamientos que se disparan en diversas direcciones ¿Será el dibujo a mano un anacronismo en la arquitectura del siglo XXI?, ¿o esta técnica aún ofrece a los arquitectos un modo de explorar ideas que serían imposibles a través de un ordenador?, ¿debe distinguirse la utilidad de los diseños técnicos y los croquis? Aquí las respuestas podrían dividirse en dos posturas: una por las generaciones que se formaron dibujando a mano que defiende su postura –que cada vez se reducen en número- y la otra por la generación de quienes emplearon el CAD y han vivido el cambio hacia BIM como un proceso natural, quienes cada vez son más.

Figura N° 30. Proceso con herramientas tradicionales y con CAD.



Fuente: Jupiterimages/Pixland/Getty Images 2018

Sin embargo, en el terreno de lo que se trabaja mentalmente y el resultado que se obtiene, cuando se realiza a mano con herramientas tradicionales, es necesario llegar al análisis y valorar que tan cerca se puede llegar a la idea original o que tanto las ideas se ven modificadas ante la imposibilidad de representar aquello que se quería.

3.2 Materialización de una idea arquitectónica con la plataforma BIM

Paralelamente a la aparición del primer programa de dibujo asistido por computadora, en 1955 cuando Lincoln Laboratory del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) desarrolla el primer sistema gráfico SAGE (Semi Automatic Ground Environment)⁸⁰, se inició un extenso debate de los beneficios e inconvenientes que generan el empleo de estas herramientas digitales, lo cual se ha mantenido a lo largo de más de sesenta años. Si bien es una realidad que ahorra tiempo, también son más precisas, no obstante, el hombre se resiste al cambio, le teme a aquello a lo que no está acostumbrado o con lo que aún no se familiariza, de eso se trata este tema, de colocar las bases sobre la mesa, para lo cual es prudente integrar los comentarios de Lebbeus Woods⁸¹ sobre la cuestión en particular.

[...] En la imagen a mano, cada marca es una decisión tomada por el arquitecto, un acto de análisis seguido por un acto de síntesis, ya que las marcas se construyen, uno por uno. En la imagen de la computadora-dibujado, cada marca es lo mismo una decisión, pero una hecha por el software, el programa-que la computadora pasa en la máquina, el equipo, y no implica el arquitecto directamente. En resumen, en este último caso, el arquitecto sigue siendo sólo un testigo de los resultados de un proceso de los controles de la computadora, el aprendizaje sólo en términos de resultados. En el primer caso, el arquitecto no sólo aprende el método de decisiones, sino también las conexiones íntimas entre decisiones y resultados, un conocimiento que es esencial para el desarrollo de la conciencia de ambos.” Woods L. citado en Anatxu Zabalbeascoa 2012, Párrafo 2)

⁸⁰ Villagrán, A. (2016, p. 2) Consultado en: Retrospectiva de los primeros sistemas de gráficos por ordenador, i+Diseño | Vol. 11 | Abril | Año VIII, Universidad de Málaga. España

⁸¹ (1940–2012) fue un ingeniero, profesor y artista futurista estadounidense. Su trabajo de investigación le ha valido que algunos de los más relevantes arquitectos del panorama actual le hayan reconocido deuda de gratitud. Es el caso de Zaha Hadid, Steven Holl o Eric Owen Moss, entre otros. Anatxu Zabalbeascoa 2012, periódico el PAIS.

En las últimas décadas, después de la tradición de ejecutar el dibujo arquitectónico a mano, el empleo de dibujos procesados en CAD adquirió una gran importancia en el ámbito proyectual de arquitectura, siendo este cambio radical de sistema, el motivo de confrontación profesional directa de muchos detractores y arquitectos a favor.

A pesar de los puntos de vista opuestos relativos a la evolución en el uso de nuevas herramientas proyectuales, resultó indispensable romper la homogeneidad creada hasta el momento con sistemas CAD (ya cada vez más obsoletos) y establecer dinámicas de progreso y mejora continua que sean sostenibles para generar nuevos flujos de trabajo en el entorno profesional. Y así, apostar por la especialización hacia un quehacer de la arquitectura con una perspectiva multidisciplinar y dotada de nuevas competencias.

*“Esta concepción global es ofrecida ampliamente por las aplicaciones BIM, que plantean objetivos diferentes frente a los tradicionales de CAD, al considerar datos paramétricos acoplados a cada uno de los elementos constructivos utilizados en el proyecto (nuevas propiedades físicas y dimensionales son añadidas a las propias líneas vectoriales que conforman el dibujo convencional en dos o tres dimensiones).”
(Begoña y Oliver, 2015, pp. 92-93)*

Con el lanzamiento y posterior popularización de programas asistidos por computadora que empezó con AutoCAD, desde inicios de la década de los años 80, el prestigio de diseñar a mano fue perdiendo valor, y aquí no se habla de la calidad y la habilidad de representación, sino de lo poco competitivo que resulta el proceso ante los softwares arquitectónicos cada vez más sofisticados.

Tal es el caso de los programas computacionales, Revit, Archicad, Rhinoceros, y de los plugin como Dynamo, Grasshopper, etc., que se han

difundido, ante la posibilidad de establecer vías de comunicación prácticamente instantáneas y muy eficientes entre los participantes de un proyecto, y por la optimizar todo tipo de recursos, donde el tiempo, es el máspreciado, pues le permite al proyectista, destinar más espacio para la exploración de las alternativas y lograr aterrizar la idea que se busca. Como complemento de lo antes señalado, se encuentra la opinión del Jefe de proyectos del Taller Rivadeneyra Arquitectos, quien señala que:

“...con el empleo de la plataforma BIM, de entrada le queda más tiempo al arquitecto para ser creativo. El proceso permite vivir en la frontera que prevalece entre lo análogo y lo digital.” Rivadeneyra, Andres (2018) Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 15, 2a PARTE. Transcripción. p. 227

Adicional a esto, hoy es viable realizar en menor lapso, los procesos de maquila, de los cuales el resultado final, es un modelo digital donde quedan resueltos en tiempo real todos los posibles imprevistos y con ello finalmente se agiliza su ejecución.

Figura N° 31. Proceso de diseño con BIM.



Fuente: CADBIM3D Disponible en: <http://www.cadbim3d.com> Consultado el 30 de mayo 2018

Cabe señalar que en el entorno de la plataforma BIM en realidad no se dibuja como se hacía de forma tradicional (CAD o incluso a escuadra, lápiz y papel). En BIM se le da forma a las ideas, construyendo directamente el

edificio a escala real, de manera virtual, donde los elementos que se emplean son componentes que ya cuentan con todos los atributos -muros, pilares, vigas, forjados, puertas, ventanas, mobiliario, etc.- que se apegan a la realidad que se conoce (Ver anterior Figura N° 31), pero ejecutados de en forma digital.

La rapidez con que el arquitecto le da forma a la idea original, resulta muy eficiente al trabajarse con un modelo tridimensional que se puede analizar desde todos los ángulos, además de aspirar a establecer información muy completa, aun en las fases tempranas del proyecto. Pilar Jiménez Abós refleja esta versatilidad y beneficio de la plataforma BIM, al precisar que:

“...podemos obtener tanta información: el modelo se “corta” para obtener las plantas, secciones y alzados que luego se acotan y se maquetan en planos. También podemos generar recorridos por el edificio mediante vídeo o perspectivas fotorrealistas de los acabados. Al estar a escala real y tener los elementos sus propiedades, podemos incluso cuantificar el volumen necesario de hormigón para la estructura. Es por esta razón que no hay que confundir BIM con un simple 3D ya que obtenemos muchísima más información del modelo. (Jiménez, A. 2014, párrafo 5)

Como se ha manifestado hasta aquí, el BIM supone un avance respecto al CAD, tanto que se pasa de trabajar en un dibujo, a trabajar en un modelo o varios modelos que interactúan entre sí, tanto en los conceptos gráficos, como en los alfanuméricos.

Con ello, el arquitecto está en posibilidades de interactuar desde un principio con un ambiente virtual en 3D, por lo que el proceso es más cercano a un ámbito natural para el proyectista, pues en lo vivencial coexiste dentro de un mundo tridimensional, por tanto, la materialización de la idea arquitectónica mediante la plataforma BIM para el diseñador, puede

ser más eficiente (Ver Figura N° 32) y evitar lo que tradicionalmente se hacía de trabajar con un proyecto que se pensaba y ejecutaba desmembrado, en un proceso que empezaba por las plantas, luego cortes, para sacar después las fachadas y al final llegar a determinar que se obtendría como composición volumétrica.

Figura N° 32. Proceso de trabajo en 3D con la plataforma BIM.



Fuente: <http://www.proinpa.com/2018>

En ese sentido, con la plataforma BIM se deja de lado el proceso de tener que atravesar por la abstracción del corte, la fachada y la planta, para después pasar al modelo; ya que permite un trabajo inverso al que se estaba acostumbrado y lo que se hace en realidad es construir un modelo, que es la manera natural del pensamiento humano, en términos de un espacio habitable, donde la vida tiene propiamente su escenario.

En ese orden, la materialidad de una idea, se puede alcanzar desde la manipulación del modelo tridimensional que es la manera en que se piensa en realidad cuando se habla de espacio arquitectónico. Este principio lleva a concebir el diseño como un proceso de relaciones entre la idea, la imagen, la representación, la contextualización y la producción. En la integración de estos aspectos, la inteligencia se auxilia de los medios digitales no únicamente para ordenar lo que se pretende diseñar sino para crearlo. Al

respecto R. Buckminster Fuller⁸², señala: “...Cuando decimos que existe diseño, damos a entender que una inteligencia ha ordenado los sucesos, según unas interrelaciones conceptuales y discretas” Bukminster en introducción de Papanek, V. (2014, pp. 8-12)

En la actualidad la formación en BIM está permeando en el ámbito de la arquitectura, llevando los procesos de diseño a otro nivel y cada vez son más los despachos que optan por implantación de esta metodología gracias a la reducción de tiempo y costes, y además el gran control que desde el inicio se puede tener sobre la obra, lo cual se consigue con herramientas como Clash Detection (detección de interferencias). Pero sin duda a la viabilidad que se tiene de interactuar con el modelo tridimensional desde el inicio. El siguiente comentario que se cita a continuación, lo evidencia.

“Estamos siguiendo una línea ascendente, en la que cada vez toma más más fuerza la documentación técnica generada en oficina respecto al típico “eso ya lo vemos en obra” que se solía utilizar, y eso repercute en que evolucionen mucho más rápido los software de este tipo.” (Córdoba, D., 2018. párrafo 7)

Es cierto que la implantación de estas herramientas en México va lento, sin embargo, paulatinamente han demostrado ser conveniente en todos los procesos de un proyecto arquitectónico, por lo que se vislumbra, que el paso del CAD al BIM, será una evolución natural, no obstante, en la temática que aborda esta investigación, es necesario acotar cuales son las limitantes que se le presentan al proyectista en su aplicación, asunto a tratar en el siguiente inciso.

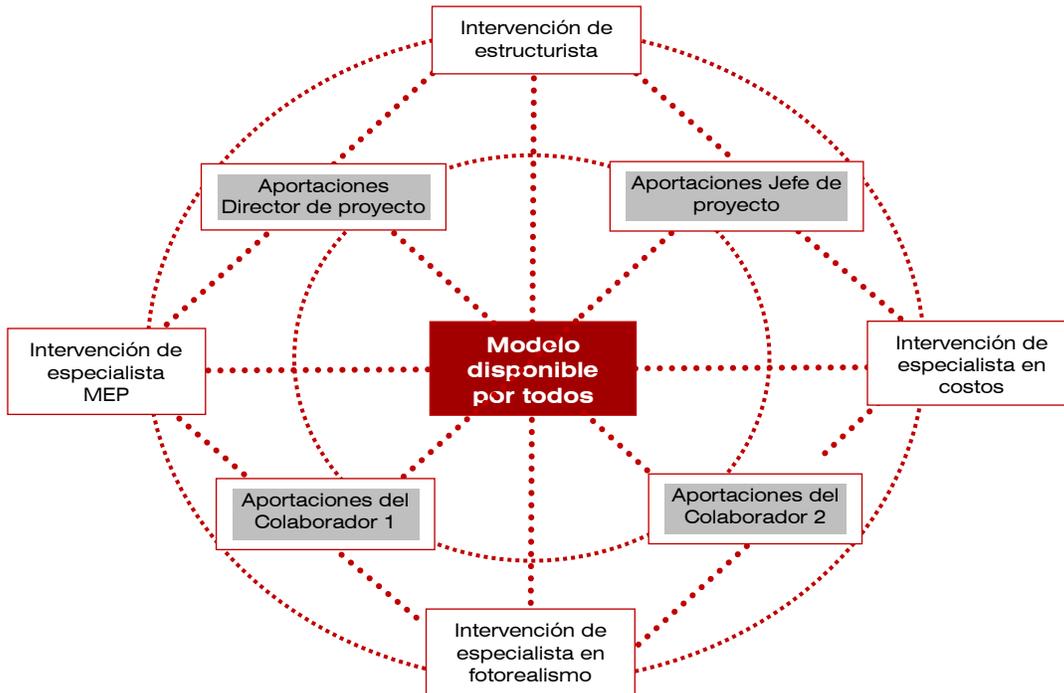
⁸² (1895-1983) Arquitecto americano mundialmente famoso por su invento de la llamada cúpula geodésica, de la que existen en todo el mundo más de cien mil. Su escasa formación profesional, limitada esencialmente a los estudios cursados en la Universidad de Harvard entre 1913 y 1915, no le permitió definirse como arquitecto en el sentido estricto de la palabra. Sin embargo, su obra está ligada de una forma especialmente influyente a las corrientes artísticas del siglo XX, con una marcada estética mecanicista. Disponible en: https://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/fuller_richard.htm Consultado el 28 de mayo de 2018.

3.2.1 ¿Cuáles son las limitantes que tiene el proyectista?

En términos económicos, ya en las Tablas N° 7 y N° 8 de las páginas 94 y 95 respectivamente de este documento, se expuso la limitante que enfrenta el arquitecto ante la fuerte inversión -tiempo y dinero- que representa la implementación de la plataforma BIM, lo cual no significa una desventaja de la plataforma per se, cuando se trata de atender los aspectos que limitan al proyectista en el desarrollo de sus ideas, esto, si se parte de entender los procesos de esta tecnología cuando ya está instalada y se cuenta con el apropiado dominio de quien la emplea.

La incorporación de los últimos desarrollos tecnológicos y sus aplicaciones en los procesos proyectuales en mundo de la arquitectura, conlleva a implementar un cambio en el sistema y organización de trabajo (Ver Figura N° 33) y a tener apertura a las nuevas posibilidades que ésta permite en el diseño arquitectónico.

Figura N° 33. Sistema de trabajo colaborativo con BIM.



Fuente: Mapa desarrollado por la autora junio 2018

No hay que olvidar que la profesión de arquitecto ha cambiado dramáticamente en los últimos años debido precisamente a los avances tecnológicos. Las computadoras y otros dispositivos electrónicos han mejorado la velocidad y la precisión del diseño y hoy se enfrenta uno de los cambios paradigmáticos más importantes de los últimos años con fuerte incidencia en la forma de trabajar y sobre todo de proyectar.

En apoyo a esta aseveración, se encuentra lo que se plantea en los Apuntes para la asignatura de informática I, publicado por la Facultad de Contaduría y administración, División del Sistema Universidad Abierta, UNAM:

“En la actualidad, la proliferación de las computadoras está transformando al mundo con rapidez y en forma irreversible. El desarrollo del computador ha provocado cambios profundos en la sociedad, más que cualquier otro invento tecnológico reciente. Sin embargo aunque no dependemos totalmente de las computadoras el uso de éstas aumentó de manera significativa en la década pasada.”
(UNAM, 2003, p. 15)

En el caso de arquitectura, se debe partir del hecho de que se está migrando desde plataformas bidimensionales y tridimensionales a proyectar con información integrada inteligente, en la cual el objeto arquitectónico, se transforma en un elemento que alberga no sólo la forma arquitectónica que tradicionalmente se lograba por otros medios, sino que también contiene la información propiciada por los diferentes componentes que la integran.

Esta evolución no solo implica un cambio en la manera de dibujar, repercute seriamente en la manera de afrontar el proyecto, por lo que una de las limitantes que podría estar enfrentado el arquitecto -que emplea la plataforma- es la gran cantidad de variables, lo que orilla al proyectista a tomar decisiones constructivas reales en la etapa de diseño, y de igual

forma se ve en la necesidad de coordinar especialidades y detectar interferencias, prácticamente desde la concepción de la idea.

Si bien resulta saludable tener esa visión integradora de todos los aspectos que participan en la propuesta arquitectónica desde su ideación hasta el nivel de preparación y el dominio de los criterios para el desarrollo de un proyecto, también se debe estar consiente que exige conocimientos específicos para poder trabajar en la plataforma, lo cual conduce a una buena capacitación para estar en condiciones de explotar todo el potencial que esta ofrece.

El tener la posibilidad de trabajar con un modelo tridimensional y poder explorar todas las caras del proyecto antes de pasar al plano bidimensional, es un paso importante, que permite al arquitecto conseguir una imagen foto realista para que el cliente pueda apreciar cómo quedará su proyecto. El riesgo que se corre con esto caer en el juego de pretender que la plataforma pueda brindar un render como un fin per se. En relación a esta precisión, la siguiente cita se expresa sobre los renders:

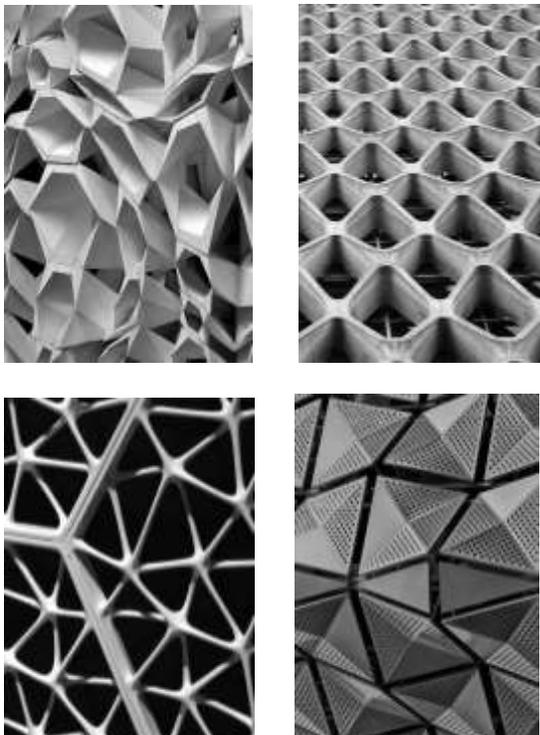
“...se pueden transformar en imágenes casi idénticas a la realidad en las cuales no se reconoce una intención ni diferenciar lo real o lo proyectado. Es sin duda un arma de doble filo y es en este punto donde el arquitecto puede manejar y dar una intencionalidad a lo que se va a mostrar” (Yañez, I., 2012, p. 19)

Referentes a los diferentes softwares que participan en la plataforma BIM, el proyectista se ve sometido a una constante actualización que en cierta medida se vuelve desleal, considerando que las versiones se transforman muy rápidamente. De una versión a otra, el entorno cambia y las herramientas se mejoran, además de que se complementan con plugin, ya existentes que también evolucionan o se crean otros. De igual forma, al tener la arquitectura un campo tan amplio de acción, sumado a los modelos

que se obtienen y las dinámicas de trabajo que se detonan, permite que ciertos procesos sean inminentemente exploratorios y propositivos lo que desencadena una constante evolución.

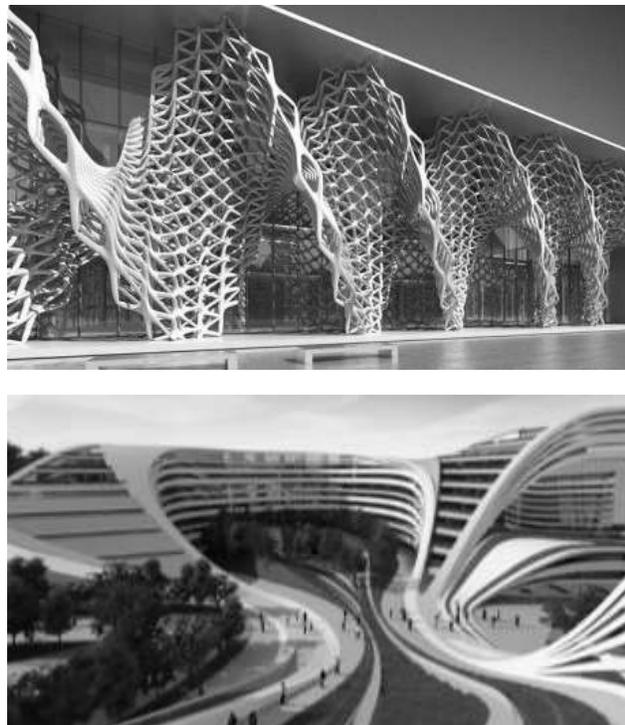
Cuando se buscan las limitantes que enfrenta el proyectista para concretar su idea, se puede identificar que no hay límites en materia de la representación de ideas en la fase del desarrollo del proyecto, la plataforma BIM con todos los softwares y plugin que participan, permiten lograr prácticamente lo que se quiera, desde texturas paramétricas originales (Ver Figura N° 34) –antes imposibles si quiera de pensar- hasta la arquitectura más compleja y audaz que se pretenda; basta con hacer un recorrido por los diseño que arquitectos destacados se están atreviendo a desarrollar. (Ver Figura N° 35)

Figura N° 34. Texturas paramétricas.



Fuente: Texturas paramétrica, Disponible en <https://es.pngtree.com/freepng/parametric-texture1966182.html> Consultado el 25 de julio 2018

Figura N° 35. Arquitectura paramétrica.



Fuente: Gabriela Wagner IMD 2017. Disponible en: <https://egabrielawagner.wordpress.com/2017/04/18/arquitectura-parametrica/> Consultado el 26 de julio 2018

En ese tenor, un proyectista mediante el manejo eficiente de los programas que participan en la plataforma BIM, puede lograr el proyecto formulado en su imaginación, solo basta que se proponga materializar esa idea y que busque las herramientas adecuadas para que dentro del proceso pueda explorar la infinita gama de posibilidades que esta le brinda.

Por otro lado, el mismo avance tecnológico, hoy consiente pasar de la idea, al modelo digital, para llegar a la obtención de todos los aspectos que le permitan alcanzar el objetivo deseado y sea factible de ser construido, pues las herramientas digitales -por complicado que sea el diseño- permiten generar todas las partes que le integran, tal es el caso de la obra del reconocido arquitecto Norman Foster, quien así lo ha demostrado con las obras emblemáticas que realiza. (Ver Figura N° 36)

Figura N° 36. Proyectos del arquitecto Norman Foster.



Fuente: Reichstag, New German Parliament portafolio del grupo Foster +Partners (2018)

Cabe señalar, que hoy todo es posible gracias al desarrollo tecnológico, no únicamente en materia de representación digital, también lo permite la evolución de materiales y procesos constructivos que se tienen en la actualidad, por lo tanto, es viable materializar cualquier idea arquitectónica.

Como se puede apreciar hasta aquí, el pensar en las limitantes que enfrenta el proyectista con esta plataforma, a no ser que se trate de la barrera que

imponga el conocimiento y dominio de la plataforma BIM o de la imposibilidad de contar con el equipo de cómputo con las características apropiadas para trabajar el modelado de información -lo cual no es una desventaja propiamente de BIM-, la única limitante de la que se podría hablar, es la que al arquitecto le imponga su propio pensamiento creativo.

Por ejemplo, para el caso de arquitectura generativa (Ver Figura N° 37), el diseño es la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos -incluso pueden ser retomados de los patrones de la naturaleza- que permiten manipular con mayor precisión lo que se esté intentando obtener de la herramienta digital para llegar a resultados óptimos, en materia de diseño arquitectónico.

Figura N° 37. Ejemplos de arquitectura generativa.



Fuente: imágenes de arquitectura generativa obtenidas de google (2018)

Hasta este momento se ha abordado la diferencia y limitantes que representa para el arquitecto diseñar con herramientas manuales tradicionales (lápiz y papel) y el parte aguas que significó el surgimiento de CAD en el trabajo bidimensional y las herramientas digitales en la actualidad. En el siguiente segmento se abordará la forma en que se ha dado la transición del trazado a mano a los medios computacionales, donde el lapso transcurrido ha sido largo y facultó el ejercicio mental para que el diseñador aceptara nuevos procesos y cambiara de pensamiento.

3.3 Transición del trazo a mano a los medios computacionales.

Los detractores de las herramientas digitales y los avances tecnológicos, defienden férreamente su postura, de continuar trabajando con las herramientas tradicionales, haciendo hincapié en comentarios tales como: que la computadora escapa al proceso de pensamiento del diseñador, que ésta, solo sirve para maquillar lo que se diseñó, etc. (Ver Anexo D) y negándose la oportunidad de incursionar y experimentar con la abanico de opciones que ofrece la tecnología, esto último, puede interpretarse como la defensa a ultranza de su postura para mantenerse en la zona de confort, haciendo las cosas como siempre y no arriesgarse a lo desconocido.

En ese sentido, la mejor bandera que han encontrado para darle soporte a sus ideas y negar el potencial que los medios computacionales ofrecen, es el libro: *“La Mano que Piensa, sabiduría existencial y corporal en la arquitectura”*, del arquitecto Juhani Pallasmaa⁸³, el cual profundiza en la destreza y habilidad propia de la mano como ejecutora del arte, artesanía y arquitectura. Y enaltecer su papel más allá de quien representa lo que viene comandado por el cerebro y su misteriosa vida propia e intencionalidad.

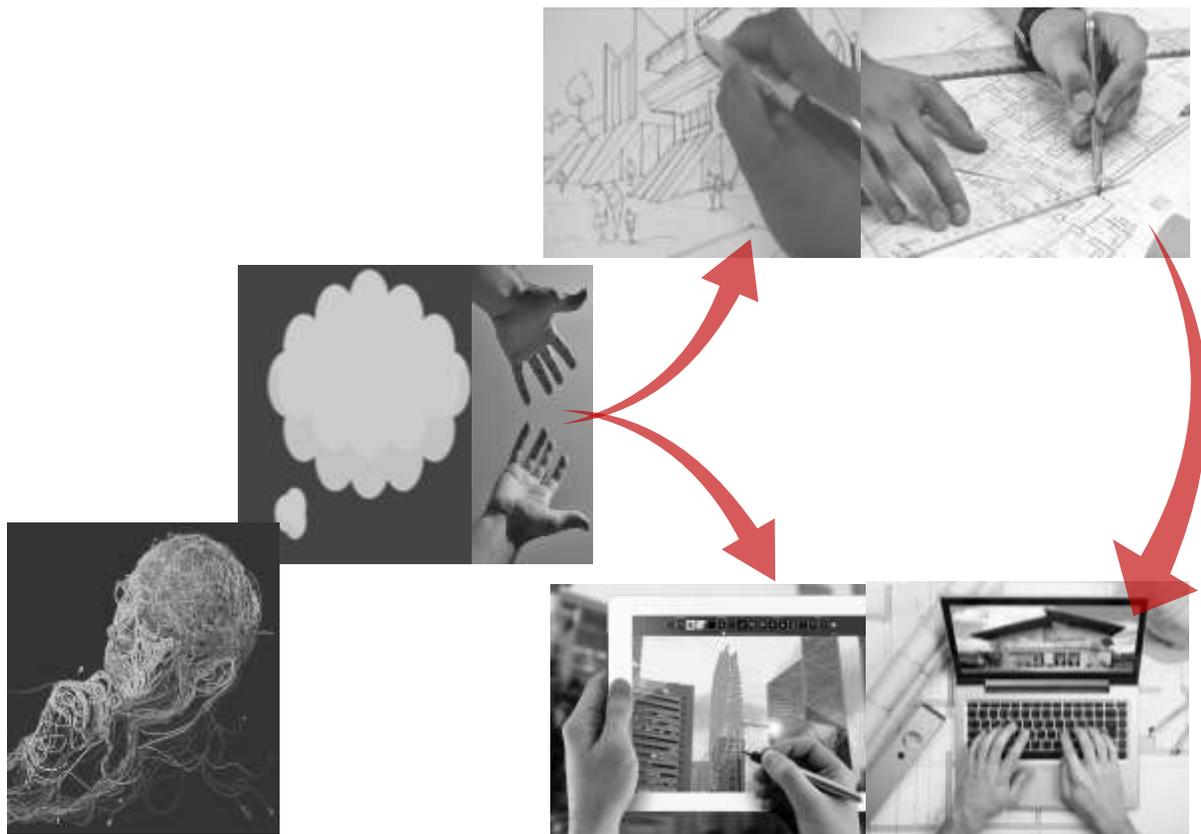
En ese sentido, el libro resulta interesante y analiza la esencia de la mano y su papel crucial en la evolución de las destrezas, la inteligencia y las capacidades conceptuales del hombre. Asimismo, el autor describe la mano, no solo como una ejecutora fiel y pasiva de las intenciones del cerebro, sino que le otorga la capacidad de intencionalidades y habilidades propias.

En este punto, sería bueno que se considerara que este planteamiento exacerbado, también se aplicara a uso de la computadora, finalmente el

⁸³ Arquitecto finlandés que formar parte del jurado del Premio Pritzker desde 2008 disponible en <http://www.scalae.net/perfil/juhani-pallasmaa> Consultado el 1° de mayo de 2018

cerebro emite una orden dirigida a la mano, sin embargo, en la mano se puede tener lo mismo un lápiz que un teclado, la diferencia radica que con el lápiz, se tiene contacto con un resultado material y con el teclado se dan instrucciones a un software donde la consecuencia es virtual. No obstante, en ambos casos el ente pensante es quien toma las decisiones de qué hacer con la herramienta que tiene a su disposición y hasta dónde quiere llegar. Esto último queda ilustrado con la siguiente infografía expuesta en la Figura N° 38.

Figura N° 38. Infografía: Del mundo de las ideas al medio para concretarlas.



Fuente: Estructurada por la autora (marzo 2018)

Como complemento de la anterior infografía, vale la pena incluir pensamientos elocuentes al respecto del arquitecto Tadao Ando: *“Mi mano es la extensión de mis pensamientos, pensamientos creativos”* lo cual

encuadra con el planteamiento de “La mano que piensa” de Jhuani Pallasmaa, no obstante, Tadao, también externa lo siguiente: *“La computadora ofrece otro tipo de creatividad. No se puede hacer caso omiso de la creatividad que la tecnología puede aportar. Pero hay que tener la capacidad para moverse entre esos dos mundos diferentes.”*

Cabe señalar que el arquitecto Tadao Ando, cuenta con una larga trayectoria y le ha tocado vivir la transición de las herramientas tradicionales de dibujo (lápiz y papel), pasar por el empleo del AutoCAD en desarrollo de proyectos, y llegar hasta a la época actual en donde las herramientas digitales son empleadas, por tanto se le puede considerar un líder de opinión.

En México, son pocos los que tiene en su haber una experiencia tan basta, ya sea porque pertenecen a la generación donde todo se hacía a mano y no se han permitido el acercamiento a la nueva tecnología aplicada al diseño arquitectónico, o porque es se formaron en la era de digital y en formación de universitaria únicamente utilizaron herramientas tradicionales.

No obstante, entre los casos excepcionales se encuentra un arquitecto, cuya trayectoria y experiencia en la transición de los medios manuales a los digitales resulta fundamental referente para esta investigación, ya que con un despacho que tiene más de treinta años brindado sus servicios profesionales, y puede dar testimonio de lo que ha representado para él, la apertura de pensamiento para irse adecuado a las nuevas opciones que otorga el avance tecnológico. Se trata del Director del Taller Rivadeneyra Arquitectos, quien externa lo siguiente:

“Si hablamos del dibujo tradicional, yo en algún abandone el dibujo con lápiz, para hacerlo con la pluma, sin trazo previo, hoy Morpholio, que es la plataforma con la que dibujo, me permite el mismo proceso, pero

ahora en capas de papel virtual, en donde siempre puedo tener la secuencia de cómo voy dibujando, lo que ha resultado para mí un proceso como mágico y súper práctico, esta herramienta digital me permite ir a la capa anterior y afinar los detalles de manera exponencialmente más rápido en comparación al papel, lo cual no solo concreta, sino que potencializa en definitiva el resultado al que quiero llegar de esa idea inicial.” Rivadeneyra, H. Alejandro (2018). Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción. p. 226

Lo anterior significa además, que sin importar la edad, si se tiene la disposición, los medios, el interés y la actitud de actualizarse, es posible, tener la apertura de pensamiento para estar a la vanguardia y para ir incorporando los nuevos avances tecnológicos en el quehacer arquitectónico y permitirse experimentar con toda la gama de posibilidades que estos ofrecen en el terreno de la proyectación.

A continuación, se aborda precisamente, la manera en que se gesta el proceso de aceptación al cambio para que la aplicación de nuevas herramientas que van surgiendo, se puedan concretar.

3.3.1 Proceso de aceptación a un cambio de pensamiento.

En el anterior segmento resulta elocuente la constante pugna entre los partidarios del método tradicional de diseño con el empleo papel y lápiz y de quienes optan por la tecnología –software y dispositivos- para llevarlo a cabo.

Sin embargo, no se ha hablado de quienes se encuentran en medio de estos dos extremos, donde la tendencia es más hacia un proceso de aceptación al cambio, que probablemente inicia con la curiosidad de indagar de que se trata para más tarde permitirse indagar, hasta llegar al reconocimiento de las ventajas que los recursos digitales condescienden en el mundo del diseño arquitectónico.

En ese sentido existe una postura es más flexible, ante los problemas surgidos de la relación entre hombre-entorno-tecnología, donde el problema central del diseño arquitectónico se localiza en la interfase entre una tecnología o una situación en el contexto –físico y cultural- y el ser humano. Esto en palabras de Gui Bonsiepe⁸⁴, se plantea de la siguiente manera:

“...se debe tomar en cuenta que la interfase no es un objeto, sino un espacio en el que se articula la interacción entre el cuerpo humano, la herramienta (artefacto, entendido como objeto o como artefacto comunicativo) y objeto de la acción. Éste es justamente el dominio irrenunciable del diseño...” (Bonsiepe, 1993, p. 17).

Cabe señalar que en este concepto de interfase, se entiende como el espacio de acción del diseñador –en este caso arquitectónico- en el que se reúne la problemática planteada por el entorno –lo que existe en el medio que se desempeña- el ser humano y un objeto que actúa como mediación entre ambos –ya sea el proceso de trabajo tradicional o el digital-. Para el diseñador arquitectónico, resulta fundamental entender con claridad este concepto, pues por su orientación, el campo problemático de la interfase (entendida como un espacio de articulación) representa su campo de acción.

Retomando el punto a tratar en este segmento, es necesario precisar que partiendo del hecho que hablar del término proceso, es entenderlo como un conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo. Por lo tanto, los individuos que experimentan el cambio de paradigma, transitan precisamente en el proceso de esa aceptación, que va encaminada a tolerar una situación específica, para este caso, apartarse del método con el

⁸⁴ 1934 Diseñador industrial, teórico y docente del diseño, de origen Alemán. Estudió y posteriormente enseñó en la HfG (Hochschule für Gestaltung) en Ulm, Alemania. La HfG es considerada una progresión de la Bauhaus.

que fueron formados y la dinámicas de trabajo que llevaron por años, para involucrarse en algo que resulta totalmente desconocido –la plataforma BIM- pero al mismo tiempo prometedor, pues existe el respaldo de los logros de otros que lo han podido realizar.

En esa secuencia de ideas, si todo diseño arquitectónico se basa en la búsqueda de lo que resulte útil en la toma de decisiones para la solución de necesidades específicas, entonces entender el diseño como procesos de decisiones, también implica la determinación de los criterios a seguir y de las herramientas más apropiadas a emplear, para que al arquitecto tome las acciones más pertinentes.

Todo esto, supone un cambio radical en la manera de hacer y pensar, por lo que la ruptura del paradigma no resulta tarea sencilla de lograr -asunto que se abordará a continuación- no obstante, el hecho de alguien pueda otorgar el beneficio de la duda a algo que se está realizando bajo otros enfoque y medios, a los que estaba apegado, ya constituye un avance significativo para dar el siguiente paso, hacia un cambio de postura ante algo nuevo que va surgiendo.

A continuación, se da la pauta para aproximarse a entender cómo después de que un individuo, pasa por el proceso de aceptación hacia un cambio de pensamiento; sienta las bases para romper los paradigmas y se permite incursionar en una nueva manera de para resolver las disyuntivas del diseño arquitectónico.

3.4 El nuevo paradigma del proceso de diseño

Los avances tecnológicos, han hecho que el diseño de proyectos arquitectónicos sea uno de los progresos más significativos de los últimos años. Por sorprendente que parezca, no hace mucho, en la mayoría de las universidades, a los estudiantes se les formaba como arquitectos dibujando con estilógrafo, escuadra y sketchbook, desdeñando los modernos programas informáticos -CAD- que aparecieron en el medio, por parte de los catedráticos, los cuales rechaza categóricamente el empleo de la tecnología, un tanto por el desconocimiento, como por el hecho de que implicaba salir de la zona de confort para adentrarse en el reto de dominar la herramienta tecnológica y llevarla a la aplicación en aulas y en la vida profesional.

Con el tiempo al imponerse la realidad de su eficiencia, no tuvieron más opción que incorporar dentro de la enseñanza universitaria los programas de diseño asistidos por computadora, situación orillada por la inminente necesidad de tener profesionales competitivos para enfrentar el terreno laboral que así lo demandaba.

Actualmente, la historia se repite al seguirse esa misma tendencia de no aceptación y de negación ante lo que ofrece hoy el avance de la tecnología. Como parte de la formación en aulas, se imparte tanto el dibujo por medios manuales -necesario en el proceso de aprendizaje de la arquitectura- y de igual forma los estudiantes aprenden el empleo de medios computacionales, en específico CAD, cuyo uso se generalizó y finalmente fue aceptado su uso en el mundo de la arquitectura en nuestro país.

No obstante, hoy se lucha contra la renuencia a incorporar la metodología BIM, donde nuevamente la actitud, la falta de conocimiento y el

menosprecio de lo que esta le permite al arquitecto, pero particularmente, el reto de aprender algo nuevo y romper los paradigmas, genera incertidumbre y se ha convertido –como lo fuera en su momento el CAD– en la principal barrera que obstaculiza y conducen a una lenta implementación del BIM, que se complica si a eso se agrega que la inversión de tiempo y dinero es considerable.

Aun cuando se reconozca que la plataforma tecnológica de trabajo colaborativo conocida como BIM (Building Information Modeling) se perfila como una de las más modernas y eficientes herramientas para no solo mitigar la corrupción en la industria de la construcción, sino también para eficientar todos los procesos contenidos desde el diseño hasta la construcción final del proyecto, existen quienes se siguen negando la potencialidad que tiene la herramienta digital.

Esta postura en gran medida se puede comprender si se parte de considerar el reto que representó aceptar e incorporar CAD y que el tiempo que esto llevó fue considerable a pesar de que se trataba de solo un software. Hoy los múltiples softwares que participan en BIM amedrenta a aún más, pues la complejidad de las diferentes interconexiones, no resulta algo sencillo de comprender para quien tiene otro sistema de trabajo que además le ha funcionado por años.

En ese sentido, la arquitecta Angélica Ortiz, directora de BIM, del Consorcio IUYET, encargado de desarrollar la ingeniería del Tramo III del Tren Interurbano México-Toluca, que incluye la estación de Santa Fe y la terminal de Observatorio, correspondientes a la Ciudad de México, explica lo siguiente:

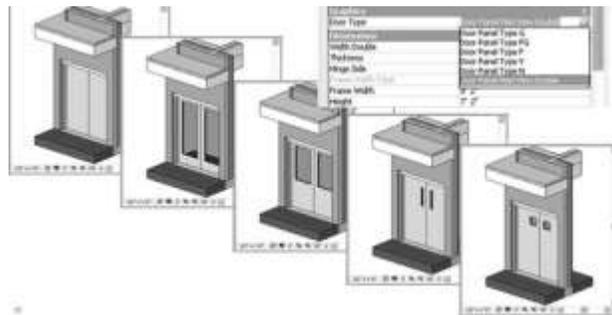
"En el proceso BIM intervienen hasta 70 softwares, diferentes hardwares, equipos y especialistas que conforman un ecosistema

coordinado e interdisciplinario, en el que cada uno de los involucrados tiene acceso a toda la información en tiempo real" (Ortiz, A. en Maldonado, A. (Revista Obras 2017, párrafo 3)

Por otra parte, la cita anterior es clara en señalar que intervienen especialistas para cada parte del proceso del proyecto, son equipos con un gran número de integrantes -dependiendo del proyecto que se trate- que se conforman para que cada quien aporte sus conocimientos y donde cada uno tiene asignada una tarea específica a realizar. No obstante, el reto para un arquitecto que no trabaja ninguno de estos softwares de entrada el resulta inalcanzable, por ende, lo lleva a rechazar aquello que no conoce y negar las fortalezas de los posibles beneficios.

En el contexto del nuevo paradigma que representa la plataforma BIM, haciendo referencia únicamente al proceso de diseño, existen muchas evidencias que demuestra con hechos, que es una realidad la eficiencia en los procesos de diseño, por lo que, cambiar de pensamiento y tomarse el tiempo de aprender a trabajar y explorar las ideas arquitectónicas por medios digitales, tiene altas retribuciones, pues se puede abatir tiempo valioso en otras tareas y adjudicar ese espacio al diseño arquitectónico para llegar al grado de detalle que se quiera y garantizar que se ejecutará como se concibió. (Ver Figuras N° 39 y 40).

Figura N° 39. Opciones para la selección de un tipo de puerta.



Fuente: Modelado por la autora en el programa Revit 2017 Archivo personal
Nota aclaratoria.- el software contiene componentes predeterminados pero estará en la voluntad del diseñador, modificar los parámetros para la obtención de infinitas opciones.

Con la siguiente Figura N° 40, ejemplifica los alcances que tiene la plataforma BIM para llevar la idea del arquitecto -generada digitalmente- a la realidad del proyecto ejecutado, donde no se demerita la calidad de lo que se obtiene, pero tampoco es magia, pues se debe tener claridad de lo que se persigue y conocimiento de lo que la herramienta a utilizar puede brindar en el proceso proyectual.

Figura N° 40. Del boceto digital a la realidad del objeto arquitectónico que se obtiene.



Fuente: uniat_adm abril 16, 2016. Imagen disponible en: <https://www.uniat.com/autodesk-revit-arq/> consultado el 20 de mayo de 2018

Estar preparado para sumir un cambio de pensamiento y romper con paradigmas establecidos y ejercidos por años, para asumir uno nuevo, es un proceso se toma su tiempo, pues primero se transita por un periodo de aceptación y luego transcurre el lapso de incorporación que puede variar considerablemente de un individuo a otro.

Esto en la arquitectura, constituye un proceso lento, pues el empleo de las herramientas tecnológicas en el terreno del diseño ha resultado un trabajo titánico de convencimiento, debido al arraigo a fórmulas de trabajo de los arquitectos pertenecientes a generaciones anteriores a los 80's, que eran quienes lideraban el mundo de la arquitectura.

Algunos investigadores se han dado a la tarea de identificar cuáles son las características que delinear el desarrollo de un nuevo paradigma, lo cual resulta pertinente de integrar en este documento por considerar que algunos aspectos encuadran con lo que sucede con la arquitectura y el avance tecnológico, por lo tanto se incorpora la siguiente Tabla N° 10, como apoyo a lo aquí manifestado.

Tabla N° 10. Características de un nuevo paradigma.

Lastres y Albagli (1999)	Yoguel (2000)
<p>Existen tres elementos que caracterizan el desarrollo de un nuevo paradigma:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Amplias posibilidades de aplicación de nuevas tecnologías. 2) Demanda creciente. 3) Disminución creciente del costo unitario de producción. 	<p>El cambio de un paradigma a otro, se caracteriza por los siguientes procesos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Aparecen sectores inexistentes previamente. 2) Se desarrollan nuevas tecnologías de proceso y de producto. 3) Se desarrollan nuevas formas de generar y de transmitir conocimientos. 4) Emergen nuevas formas de comercialización. 5) Se producen cambios radicales en la organización de las empresas y las instituciones públicas y privadas.
<p>De acuerdo a estas características, consideran cinco períodos, cada uno de ellos caracterizado por un paradigma diferente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) El primero de ellos, entre 1770 y 1840 tiene como insumos clave al algodón y al hierro fundido. Los sectores de mayor crecimiento fueron textiles y sus equipamientos, fundición y laminación de metales ferrosos. 2) El segundo período llega hasta 1890 y está dominado por la máquina de vapor y el ferrocarril, y por los factores de carbón y transportes. 3) El tercer período se extiende hasta la gran depresión de 1929. En esta etapa predominan la energía eléctrica y la ingeniería pesada. El factor clave es el acero y los sectores dinámicos eran la ingeniería y los equipamientos pesados. 4) El cuarto período se extiende hasta mediados de los 70s (principios de los 80's) y tiene como factor clave al acero y los sectores dinámicos son el complejo automotor, bienes de consumo durables y petroquímica. 5) El último período, que se prolonga hasta la actualidad, corresponde al paradigma dominado por las tecnologías de la información. Los factores clave en este período son la microelectrónica y las tecnologías digitales; los sectores dinámicos los equipamientos de informática y telecomunicaciones, la robótica, software y servicios intensivos en información. 	<p>También se deben mencionar ciertos elementos que se encuentran en la historia de los mayores cambios tecnológicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Inversiones en infraestructuras necesarias para proporcionar las externalidades que el nuevo régimen tecnológico requiere. 2) La afirmación de grandes empresas en la oferta de los factores productivos básicos, y la entrada de pequeñas empresas innovadoras que crean nuevos sectores productivos y ocupan nichos de mercado que se internacionalizan rápidamente. 3) Una nueva mejor práctica (best practice) en la organización industrial. 4) Nuevas habilidades que influyen sobre la cantidad y calidad de los trabajadores y requieren adaptaciones importantes en las actividades de capacitación profesional. 5) Nuevas localizaciones internacionales de las inversiones, de acuerdo a la variación de las ventajas comparativas.
	<p>Es algo que ha repercutido en otras áreas y es justo donde se ubica la plataforma BIM</p>

Fuente: Anzil, F (2007). "Paradigmas Tecnológicos". [En línea]

Disponibile en: <https://www.econlink.com.ar/paradigmas-tecnologicos>. Consultado el 04 de Jun de 2018

Nota aclaratoria- la tabla está estructurada por la autora, basándose en el contenido fidedigno contenido de la fuente. Se marca en gris las coincidencias con lo que sucede en la arquitectura.

El cambio de paradigma para el diseño arquitectónico, está íntimamente ligado a las innovaciones tecnológicas, tal como se afirma con precisión en la siguiente cita que hace referencia a esto:

“El nuevo paradigma de la información está basado en un conjunto vinculado de innovaciones en computación, electrónica, ingeniería de software, sistemas de control, circuitos integrados y telecomunicaciones y difusión de información” (Freeman y Soete 1994 citado por: Paradigmas Tecnológicos, Disponible en: <https://www.econlink.com.ar/paradigmas-tecnologicos> Consultado el 4 de junio de 2018

Desde el mundo del diseño industrial, se tiene la siguiente apreciación relativa al diseño que se desarrolla en la actualidad:

“Diseño de hoy no radica solo en los objetos y en llenar necesidades, sino que se piensa y trabaja en el sentido holístico o integrador de su relación con el ser humano, su sociedad, su estructura familiar y cada vez es más personal.” (Fanzini D. 2012, párrafo 1)

Las repercusiones de este nuevo paradigma en el diseño arquitectónico, está permeando desde hace mucho de manera paulatina, y queda al descubierto cuando se realiza la comparativa entre el antes y el después de las herramientas tecnológicas, por lo que resulta conveniente –mismo si ya se ha planteado en otros momento de este documento- llegar al terreno de las comparaciones para poderlo percibir en toda su extensión.

Por lo anterior, se integra el siguiente segmento, al que le concierne llevar a cabo las comparaciones entre lo tradicional y el nuevo paradigma de la plataforma BIM.

3.5 Comparación de procesos.

Las diferencias entre el proceso de diseño a mano, con CAD y con BIM son más que evidentes e inician desde la comparación de la herramienta que se emplea (Ver Figura N° 41), hasta los resultados que se obtiene, donde el tiempo destinado resulta crucial. No obstante, es necesario establecerlos puntualmente para que entender como se ha ido transitado de uno a otro.

Figura N° 41. Imágenes que demuestran las diferencias entre procesos de diseño.



Fuente: Imágenes obtenidas de la red (2018)

Con la figura antes incorporada -compuesta por tres imágenes- donde las diferentes herramientas empleadas son la razón de los cambios de paradigma, en materia de diseño arquitectónico resultan visualmente evidentes y conocidos por todos los involucrados en el mundo de la arquitectura y la construcción.

Si bien no se está ajeno y las diferencias son identificables, toca en este apartado realizar la comparativa de las tres herramientas y acotarlas con precisión pues forman parte del proceso de esta investigación. Por ello, a continuación se incorpora material que no dan pie a la duda o a la interpretación de las marcadas diferencias. Partiendo de esa premisa se incorpora la siguiente Tabla N° 11, donde la comparativa se hace de manera descriptiva.

Tabla N° 11. Tabla comparativa de procesos.

CONCEPTO	A MANO	CAD	BIM
Diseño:	El proceso se inicia con bocetos que deben de hacerse desde el principio por cada modificación que surja	Se inicia por un bocetaje a mano que se pasa al programa. Ya capturada, esa primera idea, el dibujo digital sirve de base para hacer modificaciones pero las partes no están vinculadas por lo que se debe intervenir línea por línea.	Versatilidad: se pueden iniciar creando ya sea el modelo 3d directamente o la planta, o el corte, el orden no importa. Cualquier modificación en alguna vista repercutirá en instantáneo en todas las demás incluso en el modelo 3D
Dibujo:	Líneas con las que se propician y transmiten: * Polígonos * Sólidos * Superficies	Entidades geométricas: * Líneas * Círculos * Polígonos * Sólidos * Superficies	Elementos constructivos con propiedades: * Muros * Puertas * Ventanas * Pilares * Cubiertas * Terrenos
Relación: Plantas Secciones Alzados Modelo 3D	Entidades desvinculada: * Los cambios se realizan en cada trazo. * Reflejar modificación en cada plano en el que repercuta la modificación	Entidades independientes: * Hay que aplicar cambios por separado * Distintos archivos (con o sin referencia)	Existe un único modelo del que se extraen representaciones: * Cualquier cambio en el modelo, cambia las representaciones.
Datos Asociados:	Inexistentes	Bloques con atributos * Poco utilizados * Tienen limitaciones	Propiedades de los elementos * Precios unitarios * Materiales * Pueden ser calculados al contar con superficies y volúmenes. Planos con propiedades de sincronización.
Informes:	No existen, no hay compatibilidad por ser elementos análogos	* Se tiene que exportar a otros software: * Para calcular datos (Excel)	* Se generan automáticamente y vinculados * Pueden cambiarse datos en informa o en modelo
Trabajo en grupo:	No existe	* No hay * Soluciones improvisadas: Un archivo, una persona y relacionar archivos con xref.	Modelos cambian según la aplicación: * Posibilidad de trabajar en zonas/capas concretas * Permisos/ usuarios

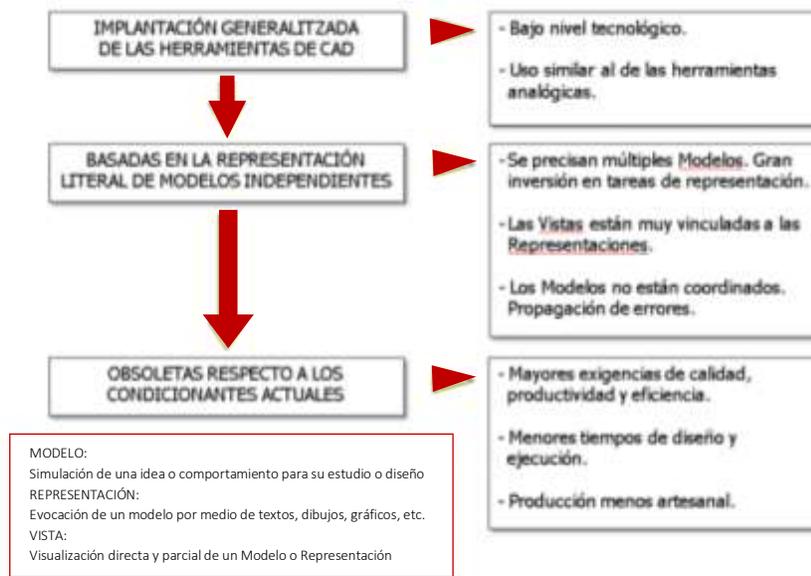
Fuente: estructurada por la autora (marzo 2018)

Como complemento a lo tabla anterior el Arquitecto Bruno Corbello (2018), precisa lo siguiente:

“El AutoCAD, es una manera virtual de reglas y restirador digital, se procede igual que con las herramientas tradicionales pero de manera digital, mientras que el BIM es toda una metodología, que le cuesta más trabajo dominar a la mayoría de la gente involucrada en el medio del diseño y la construcción cuando no la ha utilizado.” Corbello, Bruno (2018). Ver entrevista en Anexo C. (2018). Ver entrevista en Anexo C. Tabla N° 14, 1a PARTE. Transcripción. p. 226

En la publicación de Eloi Coloma, realizada en 2008 que lleva por título “Introducción al BIM” se establecía mediante el esquema que se integra en la Figura N° 42, como las herramientas de CAD se habían implantado de forma generalizada en todos los despachos y escuelas de arquitectura en ese año.

Figura N° 42. Contexto del CAD en 2008



Fuente: Coloma. P. (2008, p. 6)

Cabe señalar que en los inicios del CAD, fue trascendental la sustitución del papel por la pantalla del monitor, no obstante, el diseño arquitectónico tradicional sigue dependiendo de representaciones literales de modelos independientes, que no tenían compatibilidad con otros softwares. Al respecto Eloi Coloma, señala lo siguiente:

“Un modelo es una simulación de una idea o comportamiento que se crea para su estudio. Los arquitectos trabajan los modelos mediante sus representaciones bidimensionales, tridimensionales o alfanuméricas, físicas o digitales, de los aspectos que quiere estudiar o simular. Tantas como necesite.” Coloma. P. (2008, p. 6)

Aquí el problema radica en que las representaciones no están conectadas entre sí, por lo que si no se presta atención en los detalles en el momento de su ejecución podría existir incongruencias no detectables a simple vista e imposibles de auto corregirse.

Esta herramienta que consiente en la representación, aparte de absorber enormes cantidades de tiempo, es muy dada a consentir la propagación de errores en el diseño, los cuales invariablemente terminarán saliendo a la luz en la etapa de construcción donde las repercusiones serán de impacto en tiempo y dinero. Al tratar de identificar las diferencias con el BIM resulta igualmente pertinente incorporar otro esquema de Coloma, por ser muy puntual en las ventajas que destaca, por lo que a continuación se incorpora en la Figura N° 43.

Figura N° 43. Ventajas de BIM.



Fuente: Coloma. P. (2008, p. 14)

Como se ha sostenido a lo largo de la investigación, a nivel teórico, el proyecto arquitectónico se representa mediante un Modelo de Información que cubre todos los aspectos posibles y que permanecen reflejados en

vistas especializadas pero interconectadas, por lo que esos vínculos, garantizan al arquitecto la posibilidad de que se efectúen en todas las vistas de manera instantánea, cuantas modificaciones se hagan en cualquiera de las vistas, lo que evita las inconsistencias que se manifestaban con el CAD.

“El Modelo de Información que gestiona una aplicación BIM está compuesto por una serie de objetos que se diseñan según las características esenciales que los definen, es decir, se parametrizan. Esto se hace mediante una interface que los conceptualiza y que asiste su creación con multitud de parámetros preestablecidos en relación a la naturaleza del elemento que se quiere crear.” Coloma. P. (2008, p. 14)

En distintos momentos de este documento han sido planteadas las debilidades y las fortalezas del empleo de la plataforma BIM, no obstante, es conveniente incorporar en este apartado el esquema que Coloma elaboró, pues de 2008 a la fecha los inconvenientes que se presentan continúan siendo mismos.

175

Figura N° 44. Inconvenientes de BIM.



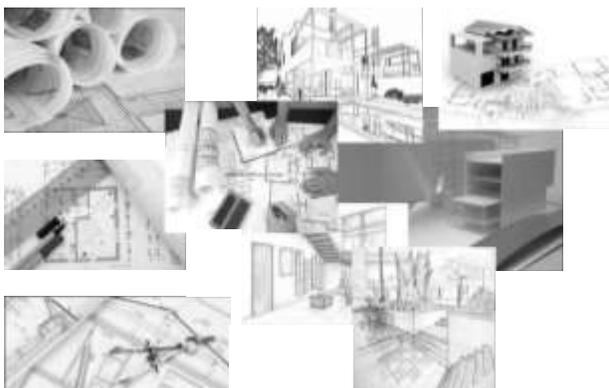
Fuente: Coloma. P. (2008, p. 35)

Con este último esquema y lo manifestado el punto 2.1.2, se comprende que el uso de cualquier tecnología tiene sus ventajas e inconvenientes y la plataforma BIM, no escapa, dado que transita entre estos dos extremos.

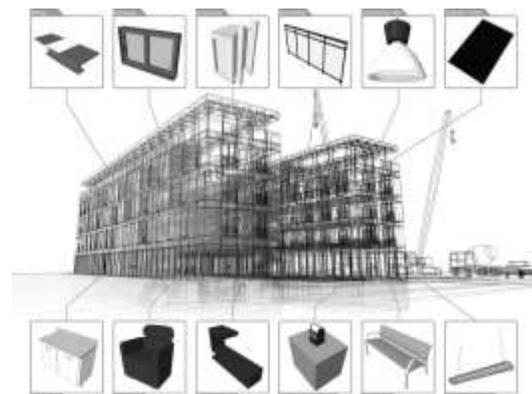
En comparación a lo que sucedía con el dibujo a mano, solo se requería desarrollar las destrezas y tener un buen equipo de dibujo para obtener óptimos resultados. Con el CAD, una vez que se está familiarizado con el entorno y con el funcionamiento de las herramientas, lo único que se demandaba era ir actualizando la versión para aprovechar los beneficios de los ajustes que podía tener el software.

Mientras que en el caso de BIM, que crece de manera insospechada, porque cada vez los software que participan van evolucionando y se incrementan los Plugin, definitivamente se necesita de formación y actualización constante. Sin embargo, con una veintena de horas, es más que suficiente para que un usuario se pueda actualizar en las tareas básicas de una aplicación BIM y aplicar este conocimiento en lo sucesivo.

Figura N° 45. Proyectos con herramientas tradicionales, CAD y BIM



Fuente: Disponible en:
<https://www.slideshare.net/rafaelmartinez/arate1/el-proceso-de-diseo-arquitectonico>
 consultado el 1° de abril 2008



Fuente: Disponible en:
<https://bimchannel.net/objetos-bim-o-componentes-bim-vs-bloques-3d/>
 Consultado el 4 de abril de 2018

3.6 Testimonios, cuestionarios, entrevista y mediciones.

Los testimonios⁸⁵ sobre la aproximación a la plataforma BIM y la experiencia con el empleo de esta que arrojaron los instrumentos de medición aplicados a estudiantes, egresados y docentes de arquitectura, así como los arquitectos consolidados y los involucrados en el ámbito de la Arquitectura, Ingeniería y la Construcción -AEC, por sus siglas en inglés- con quienes se tuvo trato a lo largo del desarrollo de esta investigación; resultaron efectivos para detectar el sentir general sobre la aplicación de BIM en etapas tempranas del proceso de diseño y simultáneamente permitió vislumbrar los diversos escenarios que se detonan con su aplicación.

Como parte de la estrategia para recabar testimonios fidedignos, se aplicó un cuestionario para averiguar que tanto los estudiantes de arquitectura de semestres avanzados -puntualmente el 7° semestre- tenían conocimiento y en qué medida emplean la plataforma BIM. Este sondeo se llevó a cabo en el mes de octubre de 2017 en dos instituciones de educación superior: FES-Aragón de la UNAM y UNITEC plantel Ecatepec, aplicando el cuestionario a un total de cien alumnos.

Entre los datos más relevantes que arroja la tabulación de los testimonios, se encuentra el bajo porcentaje de estudiantes que la emplean o que tiene conocimiento de las implicaciones de la plataforma BIM en la fase inicial del proyecto. Del 100% solo un el 11% la ocupa a nivel laboral, mientras que el 7% asegura haber tenido contacto con la plataforma en la etapa de formación universitaria. Si bien es cierto que solo el 18% la ha empleado en alguna medida BIM, y el 82% restante nunca la ha utilizado.

⁸⁵ Un testimonio es una afirmación de algo. El término proviene del latín testimonium y está vinculado a una demostración o evidencia de la veracidad de una cosa. Disponible en: <https://definicion.de/testimonio/> Consultado el 22 de junio de 2018

El sondeo también delató que gracias a proyectos de alta difusión, -Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAIM)-, más del 90% ha escuchado hablar de BIM. Otros datos curiosos que evidencia el sondeo son por un lado, los usos para los que el estudiante piensa que se utiliza la plataforma, (Ver Figura N° 46), por otra parte, lo que han experimentado en el proceso de diseño aquellos estudiantes que la han ocupado (Ver Figura N° 47).

Figura N° 46. Ideas de los estudiantes de arquitectura sobre usos del BIM. Nota.- Datos en función del 100% de alumnos que contestaron el cuestionario.

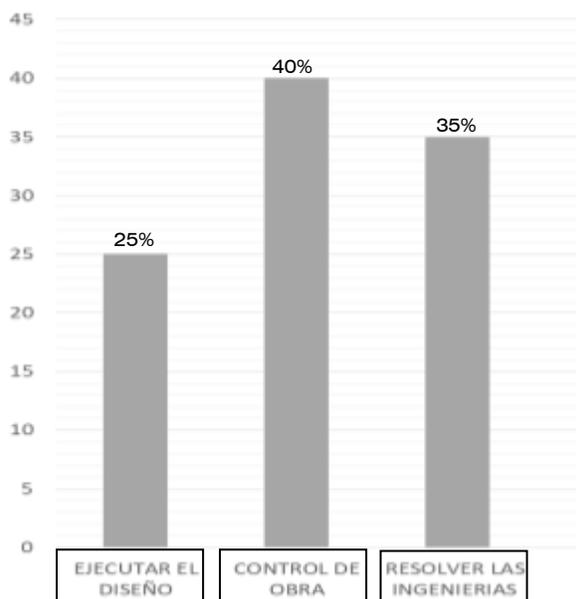
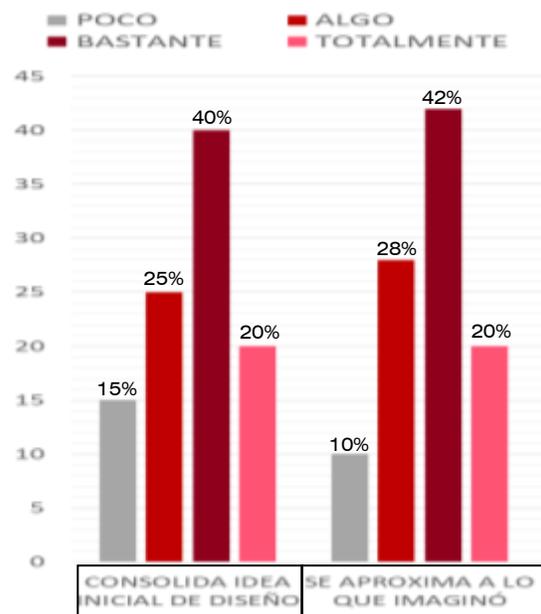


Figura N° 47. Experiencia del estudiante con BIM en el proceso de diseño. Nota.- Datos en función de considerar el 100% como los alumnos que la utilizan.



Fuente: Estructurada por la autora a partir de los resultados obtenidos del cuestionario aplicado. Ver anexo A. (noviembre 2017)

Por otra parte, se realizó un sondeo con cincuenta profesionistas egresados en el periodo comprendido entre 2010 y 2015 de la licenciatura de arquitectura de diversas instituciones de educación superior; prácticamente el 100% coincidió en señalar que se vio en la necesidad de tomar cursos de programas computacionales -REVIT arquitectura, REVIT estructura, REVIT MEP, ArchiCAD, etc.- después de concluir la licenciatura para cubrir el requisito que la mayoría de los empleadores demandan, esto debido a la falta de formación en estos programas dentro de las aulas universitarias.

El sondeo se aplicó en los meses de agosto a noviembre de 2017. Para la tabulación de los datos se consideró a los cincuenta profesionistas egresados que fungen como 100% en la elaboración de las gráficas que se presentan en las siguiente Figuras N° 48 y N° 49.

Figura N° 48. Aplicación que los profesionistas le dan a la plataforma BIM.

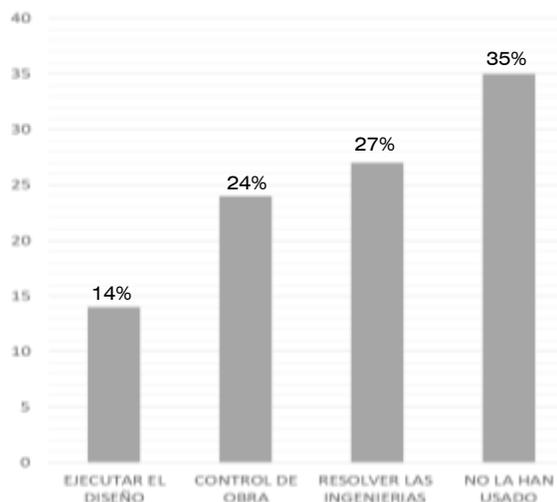


Figura N° 49. Softwares que comúnmente emplean los profesionistas.

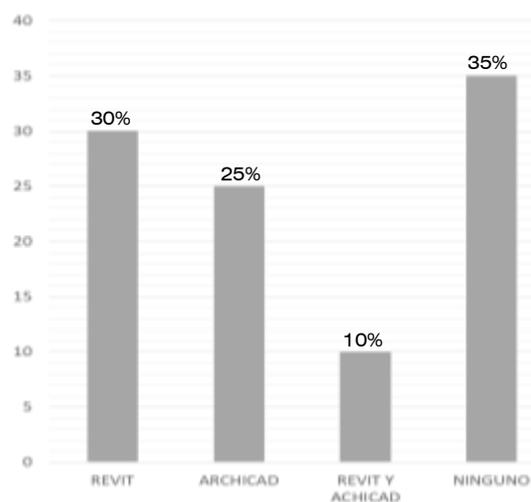
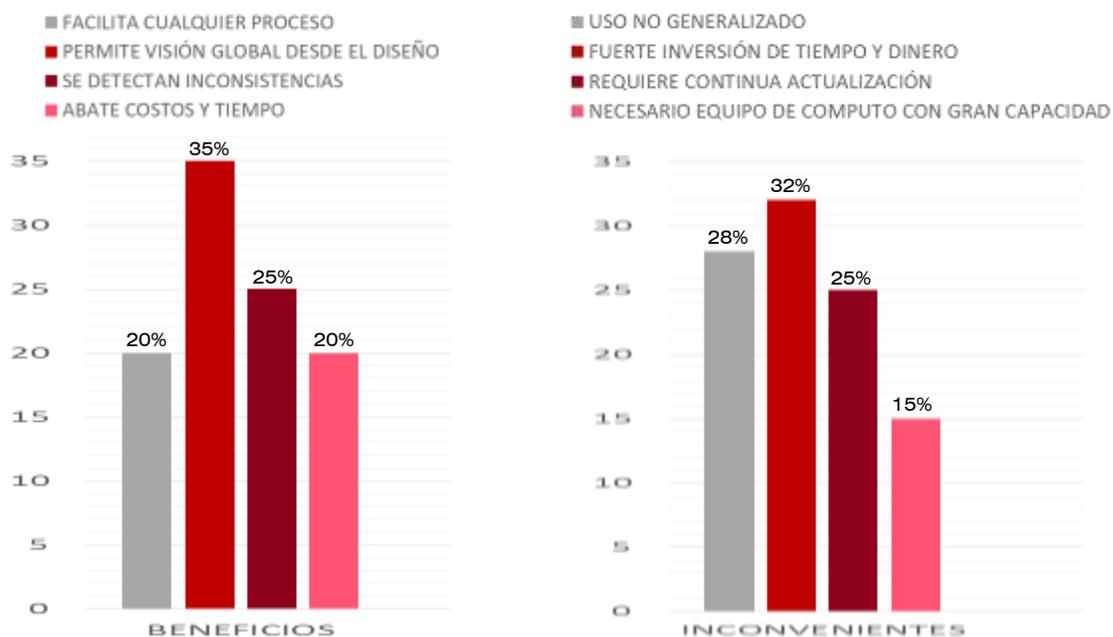


Figura N° 50. Beneficios vs inconvenientes en la opinión de profesionistas.



Fuente: Gráficos estructurados por la autora a partir de los resultados obtenidos del cuestionario aplicado. Ver anexo A. (noviembre 2017)

El común denominador que se detecta entre los testimonios que emiten los profesionistas, es que a pesar de que BIM, ya tiene en el mercado muchos años de haber sido creado por Bójar Garbor⁸⁶ y Leonid Raiz⁸⁷, y que su aplicación en diversos países ronda arriba de los 20 años; en México no se ha expandido su empleo. Cabe señalar que en la actualidad es una formación que apenas se empieza a introducir –a paso muy lento– en las aulas universitarias, no obstante, en un plazo corto seguramente se consolidará y terminará generalizándose su uso.

Por otra parte, lo que evidencia la Figura N° 50, es lo que manifestaron los egresados respecto a los beneficios y discrepancias del empleo de BIM en el proceso de diseño y en el desarrollo de todo proyecto ejecutivo, coincide con lo presentado en el *Capítulo 2. La plataforma BIM (trabajo colaborativo)* de esta investigación, puntualmente en el segmento *2.1.2 Debilidades y fortalezas de su aplicación en la fase inicial del proyecto*, (p. 90).

Otro instrumento que también fue aplicado para obtener el testimonio de quienes han implementado la plataforma BIM e incursionado en el sistema de trabajo colaborativo y que actualmente la emplean con buenos resultados en la vida profesional, es la entrevista que se expone en el Anexo B del presente documento, así como la transcripción de la misma, integrada en el Anexo C. Vale la pena destacar que en diferentes párrafos de este documento se han citado fragmentos de esta para reforzar y complementar algunos argumentos. Lo anterior justifica la razón de no abundar más en los resultados que proporcionó la entrevista realizada con el Taller: Rivadeneyra Arquitectos (28 de marzo 2018).

⁸⁶ (nacido en Budapest, 1949), es un empresario húngaro y fundador de Graphisoft, una empresa de CAD (arquitectura, ingeniería y construcción) de AEC. Fundó el Instituto de Tecnología Aquincum en 2010. Disponible en: http://www.epab.bme.hu/hirek/Bojar_G_eloadas/bojar_gabor_cv.htm Consultado el 20 de mayo de 2018.

⁸⁷ 1977 funda la compañía, Revit Technology Corporation, un nuevo sistema de software para arquitectos e ingenieros que mejoraría drásticamente la forma en que se diseñan y construyen los edificios. Dirigió el desarrollo del producto de Revit, que recibió elogios generalizados y atrajo a clientes entusiastas. Disponible en <http://rize3d.com/blog/behind-scenes-rize-profile-co-founder-leonid-raiz> Consultado el 21 de mayo de 2018.

El otro recurso empleado en esta investigación para contar con los testimonios sobre la manera en que la plataforma BIM es entendida por el cuerpo docente de diversas instituciones de educación superior y por los involucrados en el medio AEC, fue el Diario de campo que se elaboró desde el inicio de la investigación, mismo que se exhibe en el Anexo D.

En términos generales este Diario de campo, saca a la luz la idea parcializada que mucho tienen respecto a la plataforma BIM, pues las opiniones recabadas en este instrumento denotan concepciones muy diversas, las cuales están íntimamente relacionadas con la experiencia de quienes las emiten y de la profundidad a la que se han involucrado con BIM, siendo las más frecuentes las que a continuación se enlistan:

- BIM es solo un instrumento de maquila.
- Software que reemplaza al CAD.
- Solo sirve para el control de obra.
- No beneficia en absoluto al diseño.
- Eficiente en la etapa de proyecto ejecutivo.

No se profundizará más en este momento, ya que en el *Capítulo 4. El Análisis*, de esta investigación, existe un segmento destinado a darle especial tratamiento a estas apreciaciones.

Como se ha visto en ese apartado, los testimonios son de fundamental importancia, pues tienen un impacto sustancial para comprender de manera consistente e imparcial, lo que está sucediendo entre el gremio AEC y el sentir colectivo que se tiene de BIM, así como la manera en que se asume su aplicación en el terreno del diseño, dependiendo de las experiencias, dominio y referentes. Esto constituye el preámbulo para iniciar el siguiente Capítulo 4, en donde se realiza el Análisis del tema motivo de la investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

CAPÍTULO 4

Análisis



El desarrollo de esta investigación, ha permitido dimensionar la plataforma BIM desde otro enfoque, y centrarse en la fase inicial del proyecto arquitectónico, detectando que uno de los obstáculos más difícil de superar es el cambio de filosofía que implica el uso de Tecnología BIM. No únicamente por el hecho de tener que trabajar ordenadamente dentro de un entorno colaborativo -al que inevitablemente conduce la plataforma- y de invertir tiempo en gestión tecnológica, sino también porque ello implica un abandono de las técnicas de representación -herramientas proyectivas tradicionales-.

El enorme salto que lleva a modificar los patrones de pensamiento en el diseñador -cuando está en el proceso de generación de la propuesta arquitectónica- es que las aplicaciones BIM, están pensadas para poder incorporar información delineada sobre las vistas que se generan del modelo, por lo tanto, el reto aquí, es que los arquitectos aprendan a diseñar en esta base tecnológica, manipulando objetos en vez de dibujarlos, situación que resulta verdaderamente complicada e implica un gran esfuerzo, debido a que su formación fue forjada dibujando espacios y objetos, por lo que no está en su pensar la posibilidad de gestar la arquitectura a partir de intervenir los objetos que la integran.

Dependiendo de la formación que se tenga, esto supondrá mayores o menores esfuerzos, ya que para quien solo sabe trabajar a mano, el reto de involucrarse con la plataforma BIM, puede vislumbrarse imposible; mientras que para alguien cuenta con bases mínimamente de CAD, el diseñar de manera digital, puede ser menos complicado e incluso podría llegar a ser un estímulo, en particular, para aquellos que tienen experiencia con el modelado tridimensional, puesto que ya saben lo que significa construir un modelo virtual, en vez de representarlo como objeto desmembrado - plantas, cortes, fachadas, etc.,- como antes se hacía.

Todos estos factores, implican que la migración hacia la tecnología BIM, sea una operación delicada con procesos muy lentos. De inicio, hay que tener presente que el método de trabajo cambia radicalmente, pues se requiere de la suma de las inteligencias de varias personas, para sacar de manera conjunta el proyecto en cuestión de forma integral.

En sí, se trata de trabajo colaborativo, por lo tanto, hace falta que todos los miembros del equipo de trabajo migren hacia BIM, puesto que, no se puede aprovechar correctamente la nueva tecnología, si hay una parte de la plantilla que todavía no la asimila y aplica.

Es una realidad, que siempre existe lugar para cierto grado del trabajo analógico -bocetaje y ejecución de intervenciones por medios manuales- pero si esta es la única actividad de algún miembro del equipo, dependiendo de la estructura del despacho y del número de proyectos, puede resultar inviable mantenerlo en plantilla, puesto que su labor -por buena que ésta sea- no resulta compatible con la tecnología que se emplea y su participación siempre se verá limitada.

No obstante, en un estadio intermedio de la migración, resulta viable que exista un solo modelador de BIM por equipo de trabajo, mientras los demás proyectan en base a documentación extraída por éste y devuelve los cambios al modelo, aunque hay que destacar que es un sistema de trabajo temporal. El problema más grave en este sentido es como hacer el cambio sin parar los procesos de trabajo.

Estas pueden ser algunas de las dificultades por las que despachos de arquitectos están atravesando, en su intento de migrar a BIM, no obstante, ya ha iniciado su generalización, lo que da la pauta a cuestionar sobre el papel que juega el empleo de BIM, en los inicios del diseño, punto a tratar en el siguiente segmento.

4.1 El empleo del BIM en etapas tempranas del diseño (México).

En el mundo de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, es una realidad que se busca la mayor eficiencia posible en cada una de las etapas por las que transita un proyecto partiendo desde su origen y el nivel que es cada vez más competitivo.

En este tenor, lo que se busca es tener menos errores desde el arranque del proceso de diseño y de esta manera, poder lograr un objeto arquitectónico exitoso que logre satisfacer todas las expectativas, no solo del cliente y proyectista, sino también de todos los que hacen posible concretarlo hasta el usuario a quien va destinado.

Si bien en México el empleo e implementación de la plataforma BIM actualmente no se equipara a lo que sucede en otros países, algunas empresas está implementado la gestión BIM desde la etapa de diseño y han obtenido resultados muy positivos y en consecuencia se logran reducir grandes errores desde la etapa temprana.

Cabe señalar que uno de los obstáculos más recurrentes que se tenían, era el no visualizar todo el potencial la plataforma BIM desde un espectro más amplio, en las etapas tempranas del diseño y se dejaba de contemplar como un aliado eficaz para la exploración integral de las múltiples posibilidades que se detonan a partir de una alternativa, es decir, no se identificaban las oportunidades que la plataforma permite para hacer que algo ideado en el pensamiento del diseñador se escudriñara exhaustivamente, hasta la obtención del mejor resultado posible; aprovechando la inmediatez que se puede lograr mediante BIM.

Como se aprecia el empleo de la tecnología en el campo del diseño ofrece un abanico más amplio -por no decir infinito-, si se tiene una visión abierta y si se está dispuesto a romper paradigmas.

Al respecto, Pacelli⁸⁸ (2004), en su libro: “Grandes errores en la gestión de proyectos”, señala que: *“la elección del tipo de tecnología u otra depende del entorno en que la empresa se desenvuelve, esta permite eliminar muchos de los errores comunes durante la etapa de diseño.”* Además, agrega que: *“...el personal que maneje la tecnología debe estar en constante capacitación para adquirir las aptitudes necesarias que permitan una implementación exitosa.”*

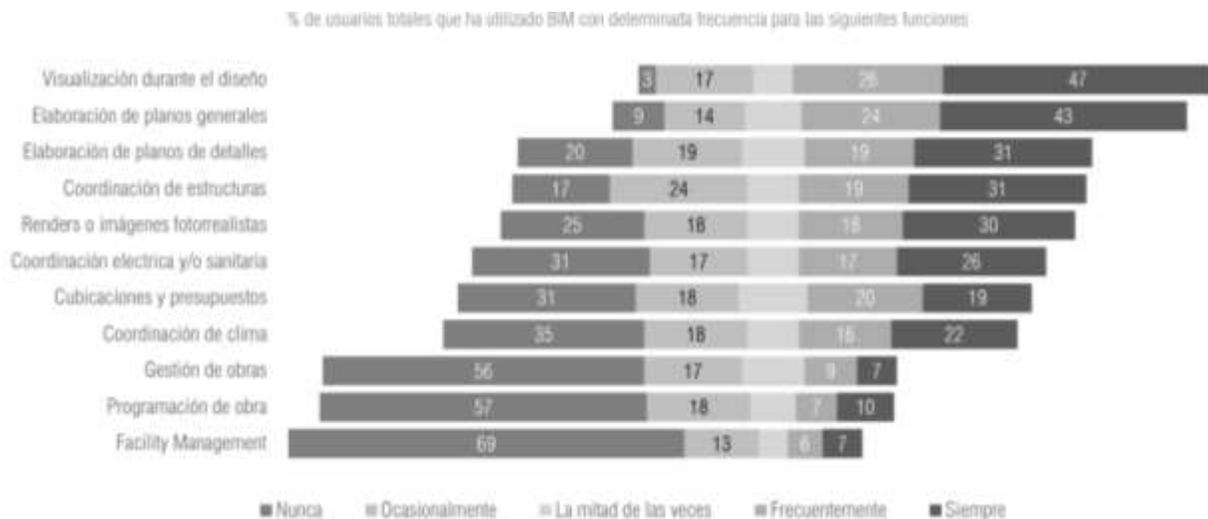
En el caso de la arquitectura, ubicándose en la fase inicial del diseño, le atañe el empleo de la tecnología de vanguardia, que pueda ofrecer la exploración rápida de la idea primigenia para descartar cualquier incertidumbre que surja en el inicio de la proyectación. Hasta el momento la plataforma BIM, es la que se perfila para llevar a cabo este proceso de forma contundente.

Sin duda, ante la velocidad con la BIM crece, muta y van integrando nuevos plugins que la complementan para la resolución de situaciones muy diversas, se demanda de la continua actualización de quien la emplea, como bien lo precisa Pacelli.

⁸⁸ Presidente de Leading on the Edge International, posee más de veinte años de experiencia en proyectos a los que se ha dedicado desde varias facetas: como director, como desarrollador, diseñador de pruebas, analista, formador, consultor y propietario de una empresa. Pacelli ha realizado toda clase de exitosos proyectos, desde complejos sistemas de tecnologías de la información hasta reingeniería de procesos, pasando por estrategias de negocios. En sus once años de trabajo para Accenture realizó labores de consultoría para muchas empresas del ranking Fortune 500, entre las que destacan Motorola, Hughes Electronics y Northrop-Grumman. Durante más de nueve años en Microsoft dirigió el desarrollo de varios sistemas internos clave, dirigió el grupo de Aprovisionamiento Corporativo y fue director del grupo de Planificación Corporativa. Su experiencia como consultor, director de proyecto y empresario le otorgan una visión privilegiada de lo que debe ser una buena dirección de proyectos. Disponible en <https://www.leadersummaries.com/autor/lonnie-pacelli>
Consultado el 30 de mayo de 2018

Como complemento de lo antes explicado, a continuación se integra la Figura N° 51, que muestra las herramientas y las oportunidades para generar valor durante el proceso de diseño con el empleo de BIM, si bien es cierto que este material proviene de Chile, es una realidad que la tendencia en México apunta a que se empelara cada vez más desde la etapa de diseño.

Figura N° 51. Usos de BIM.



Fuente: Encuesta Nacional BIM 2016 - Universidad de Chile, (2016, p. 4)

Como se percibe en la anterior Figura N° 51, la plataforma BIM proporciona un conjunto de herramientas sofisticadas que contribuyen a generar valor - conservando la valía de las etapas anteriores- y también ayuda a apreciar aún más el desarrollo de todo el proyecto. Las herramientas de BIM, contribuyen a minimizar los desperdicios desde de la etapa de diseño, mediante la mejora que propicia las revisiones constantes del diseño, la detección de posibles inconsistencias y la participación temprana de las partes interesadas que intervienen en el proyecto. Los procesos de diseño colaborativo, que se detonan con el empleo de la plataforma desde que

nace el proyecto arquitectónico, ayudan a minimizar los retrasos y comprimir el tiempo empleado en todo el desarrollo del trabajo.

Hablar de diseño colaborativo, es en consecuencia entender que el paradigma del modelo de información, es una tendencia tecnológica en evolución dentro de la industria, además de asumir que existe una gama de herramientas BIM para que cada usuario pueda crear sus propios modelos, los cuales deben coordinarse periódicamente para trabajar o analizar en colaboración con otros especialistas de áreas muy concretas –estructuras, instalaciones, acabados, etc.- que llevaran de manera conjunta a la solución integral del proyecto.

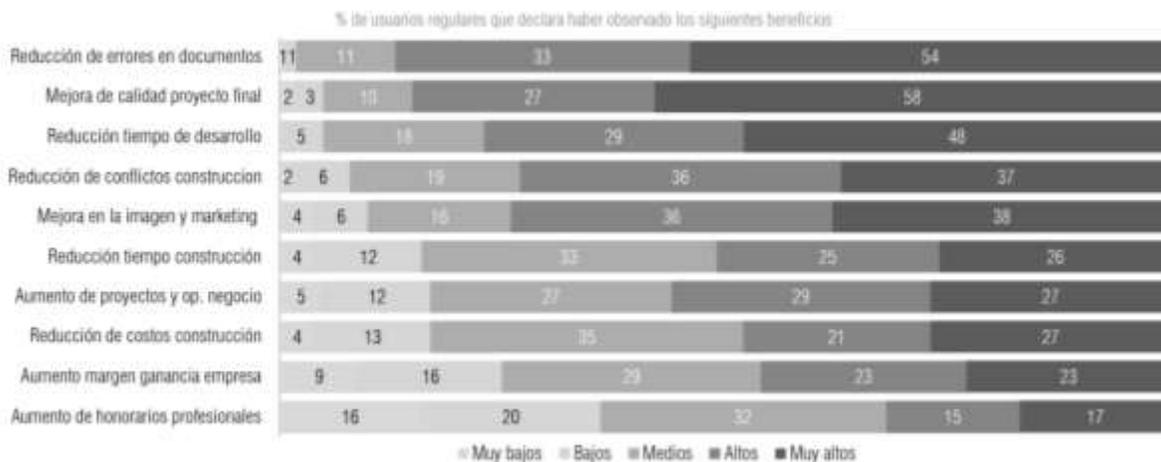
Esta es la práctica actual en la industria del diseño y la construcción y tiene muy variados beneficios, ya que permite la experimentación y flexibilidad en los modelos de negocio, para que la tecnología y las prácticas empresariales surjan orgánicamente. Además, plantea una mayor demanda de interoperabilidad en el mercado (Smith y Tardiff, 2009).

Esto evidencia que se requiere de protocolos específicos de creación e intercambio de datos, con el fin de garantizar que la información fluya y se gestione adecuadamente, a lo largo de todo el proceso de diseño. Los procedimientos para el trabajo colaborativo son necesarios para apoyar los dominios de diseño donde los equipos de diseñadores e ingenieros están trabajando simultáneamente en el mismo modelo, lo que permite identificar inconsistencias en tiempo real.

En consecuencia, la reducción de errores desde la fase inicial de diseño y la mejora de calidad del proyecto final son los principales beneficios percibidos transversalmente por todos los que participan en el proceso e incluso por los usuarios del objeto arquitectónico ya concluido, aunado a los beneficios económicos y de tiempo que se logran. Como apoyo a lo antes señalado, se

incluye la Figura N° 52, en la que queda manifestado en el caso de Chile, el nivel de beneficios que se perciben por quienes emplean BIM en el desarrollo de un proyectos arquitectónico.

Figura N° 52. Nivel de beneficio del uso de BIM.



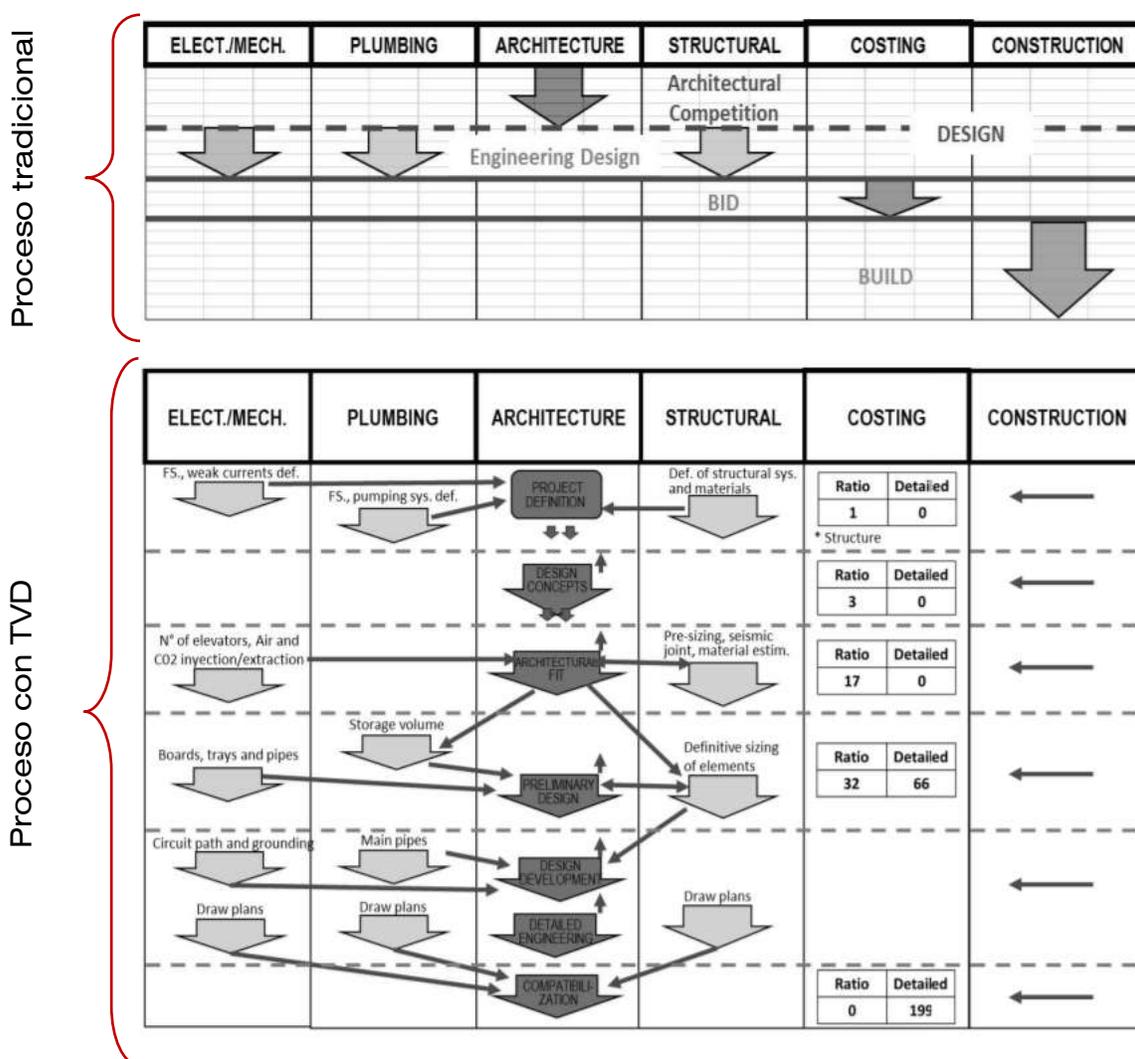
Fuente: Encuesta Nacional BIM 2016 - Universidad de Chile, (2016, p. 5)

En el caso de México, el beneficio entre los que emplea BIM en etapas tempranas del proceso de diseño, no dista mucho de lo planteado en la Figura N° 52. No obstante, en el diseño y la gestión eficaz de la información es un requisito previo para el modelado de la información y la mejora del proceso BIM, así como las revisiones conjuntas que van de la mano con el diseño colaborativo. De tal manera que los equipos de proyecto utilizan las reuniones de coordinación para resolver los enfrentamientos, errores y omisiones que se han identificados en el diseño.

Un mapeo de flujos de valor (proceso) puede contribuir a entender estos problemas, incluyendo la identificación de puntos cruciales de traspaso de diseño, el nivel de detalle requerido de cada disciplina en los traspasos y la programación general del proceso de diseño. En este renglón, no hay que olvidar que en el diseño, la gestión eficaz de la información es un requisito

previo para el modelado de la información y la mejora del proceso BIM. A continuación se incorpora la Figura N° 53, en la cual se pone de manifiesto una comparación entre el proceso de diseño tradicional y el proceso con un protocolo de comunicación para promover la implementación del Target Value Design (TVD⁸⁹)

Figura N° 53. Comparación entre el proceso de diseño tradicional y el proceso con un protocolo de comunicación para promover la implementación del TVD.



Fuente: Orihuela, Orihuela y Pacheco, (2015, p. 5)

⁸⁹ "La idea principal del TVD es hacer del valor del cliente (teniendo en cuenta el diseño, el costo, el cronograma y los criterios de constructibilidad) un controlador de diseño, consecuentemente reduciendo el desperdicio y satisfaciendo o incluso excediendo las expectativas del cliente" D. Zimina, G. Ballard, C. Pasquire (2012, pp. 383-398)

Con la Figura N° 53 expuesta en la página anterior, se puede apreciar que el modelo convencional se caracteriza por su proceso secuencial, que se basa en una sola opción de diseño, cada parte interesada participa hasta que se define una solución factible, aunque no inequívoca. Al respecto, Moreno G. (2017, p. 8) precisa que: *“La naturaleza secuencial generalmente impide la colaboración efectiva entre los participantes del proyecto, así como la reducción del valor añadido para el proyecto.”*

Mientras que en el proceso donde se implementa TDV en contraste, el proceso de diseño está basado en conjuntos en el que los participantes, forman parte de un equipo multifuncional donde se comienza considerando varias alternativas del diseño que se reducen gradualmente hasta llegar a una solución viable a medida que conjuntamente se modela la información necesaria para tomar una decisión.

De lo anterior, se obtiene como conclusión, que hablar de diseño en el contexto de trabajo y diseño colaborativo, es entender su importancia y presencia a lo largo de todo el proceso, desde que se origina la primer idea para dar solución a una necesidad que debe ser atendida por la creación de un espacio arquitectónico hasta el final cuando el objeto arquitectónico ya está materializado.

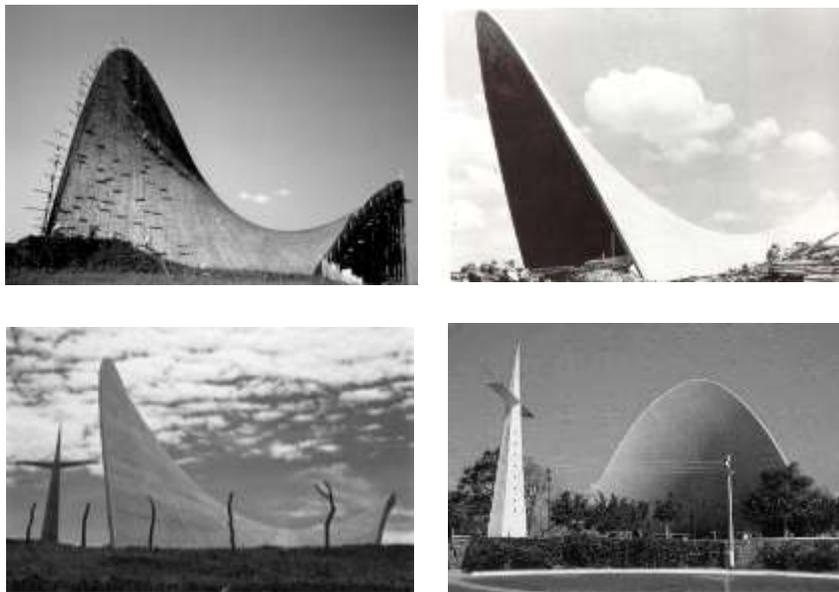
Considerar todo el proceso de comunicación eficiente entre las partes involucradas el proyecto resulta loable para comprender los alcances y el nivel de control que a los que se puede llegar con el empleo de BIM, no obstante, regresando al punto crítico que da origen a esta investigación, es necesario centrarse en la demostración contundente de sobre la manera en la que la plataforma BIM potencializa los procesos de diseño. Teniendo como premisa lo antes señalado, el siguiente segmento tiene el propósito de atender de manera puntual ese cometido.

4.2 El empleo de BIM ¿potencializan los procesos de diseño?

Con la intencionalidad de ejemplificar como el empleo de la plataforma BIM puede llegar a potencializar los procesos de diseño, se elaboraron dos ejercicios que se irán explicando a lo largo de este segmento, para poder sustentar la manera en que se detonan múltiples posibilidades -en una fase temprana del proceso- que tienen un impacto considerable en el resultado que se obtiene en el diseño.

Como punto de partida, para demostrar la manera en que se pueden explorar diversas posibilidades, se ocupó un objeto arquitectónico que en su momento fuera ejecutado sin contar con las herramientas tecnológicas contemporáneas. Se trata puntualmente de la Capilla Abierta que diseñara Félix Candela en Lomas de Cuernavaca Morelos, de la que se presentan varias vistas en la Figura N° 54, con la finalidad de tener muy clara la geometría y características de esta construcción.

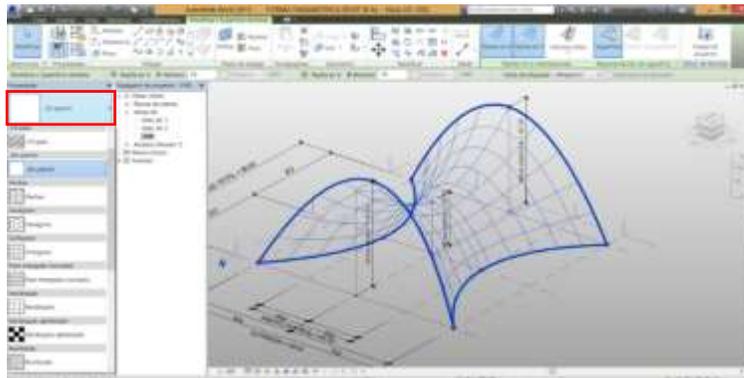
Figura N° 54. Capilla abierta en Lomas de Cuernavaca Morelos 1958-1959



Fuente: Basterra, A. et al (2001, pp. 38-47)

Con el empleo del Software REVIT, se procede a modelar la geometría base que tiene la Capilla Abierta de bóveda de doble curvatura (Ver Figura N° 55), en la cual quedaron establecidos los diferentes parámetros que más adelante constituyeron una de las variables a modificar para la obtención de nuevas opciones a partir del modelo tridimensional.

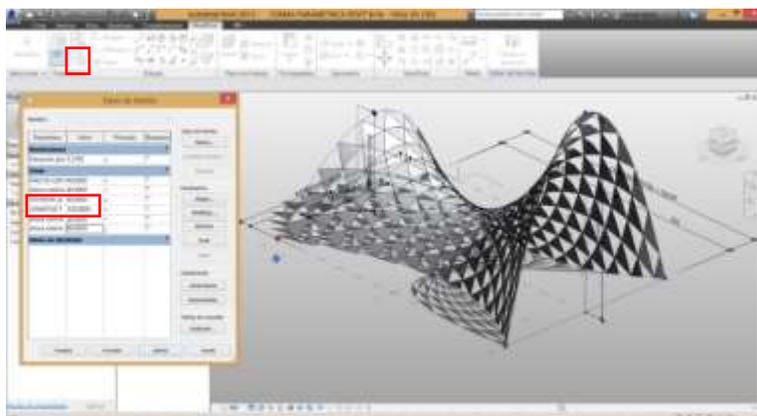
Figura N° 55. Geometría y trazos base.



Fuente: Modelado por la autora (octubre 2018)

Si bien es cierto que el proyecto original fue concebido en concreto y que posee la textura natural que este material otorga al objeto arquitectónico, para efectos de este ejercicio, se consideró como otra variable la textura. Esto con el propósito de poder explorar las diferentes apariencias que la manipulación del texturizado puede propiciar al objeto 3D.

Figura N° 56. Exploración de textura.

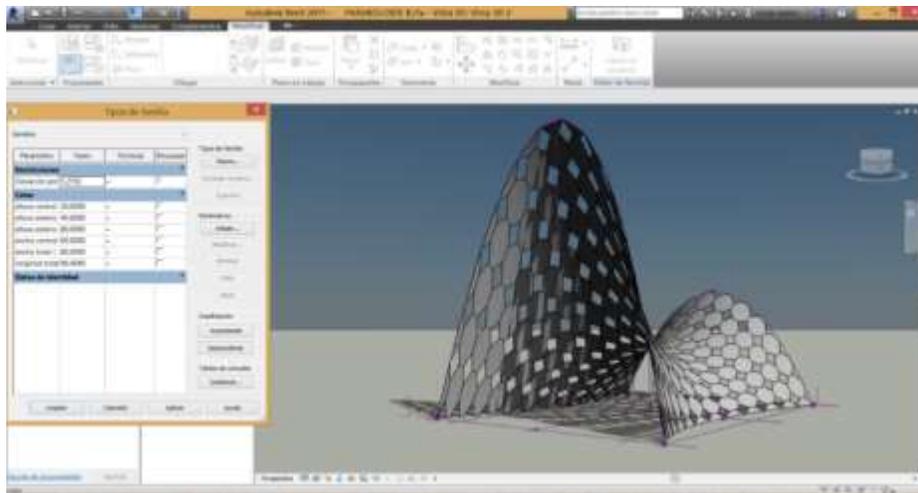


Fuente: Modelado por la autora (octubre 2018)

Cabe señalar que con este ejercicio se busca enfatizar que el empleo de BIM en la fase temprana del diseño, permite hacer formas que a mano sería imposible obtener en el lapso que se logra con la plataforma, además de la exploración que se obtiene con la combinación de diferentes variables.

Uno de los aspectos factibles de manipular cuantas veces se quiera hasta obtener la masa conceptual que se persigue en el objeto arquitectónico una vez que se tiene 3D virtual, son los parámetros de altura del objeto e incluso de anchura o bien desplazar el punto más bajo de la cubierta hacia alguno de los extremos. En la siguiente Figura N° 57, se ha realizado la modificación de altura lo que permite explorar dentro de la misma forma otras proporciones y asignar un texturizado diferente al que tiene el diseño original propuesto por Félix Candela.

Figura N° 57. Modificación de parámetros.

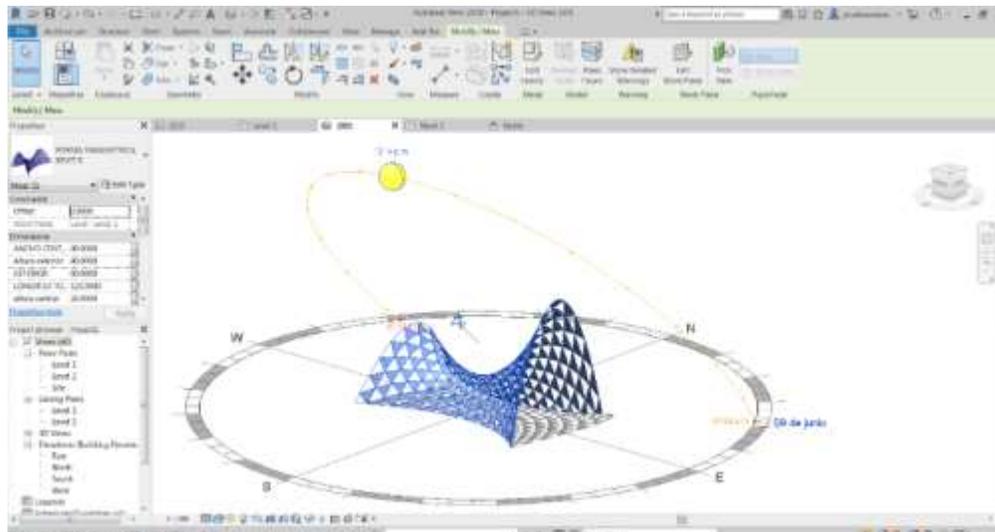


Fuente: Modelado por la autora (octubre 2018)

Es importante destacar que como parte de la experimentación para la toma de decisiones, no solo se puede practicar la manipulación de estas dos variables, además es posible, determinar los efectos de luz y sombra que se producirá el objeto dependiendo del lugar donde se construya, esto a partir

de la estación del año y fecha precisa, como lo muestra la Figura N° 58, en donde el modelo tridimensional es sometida a los efectos que genera la trayectoria solar en un momento específico.

Figura N° 58. Análisis de asoleamiento.



Fuente: Modelado por la autora (octubre 2018)

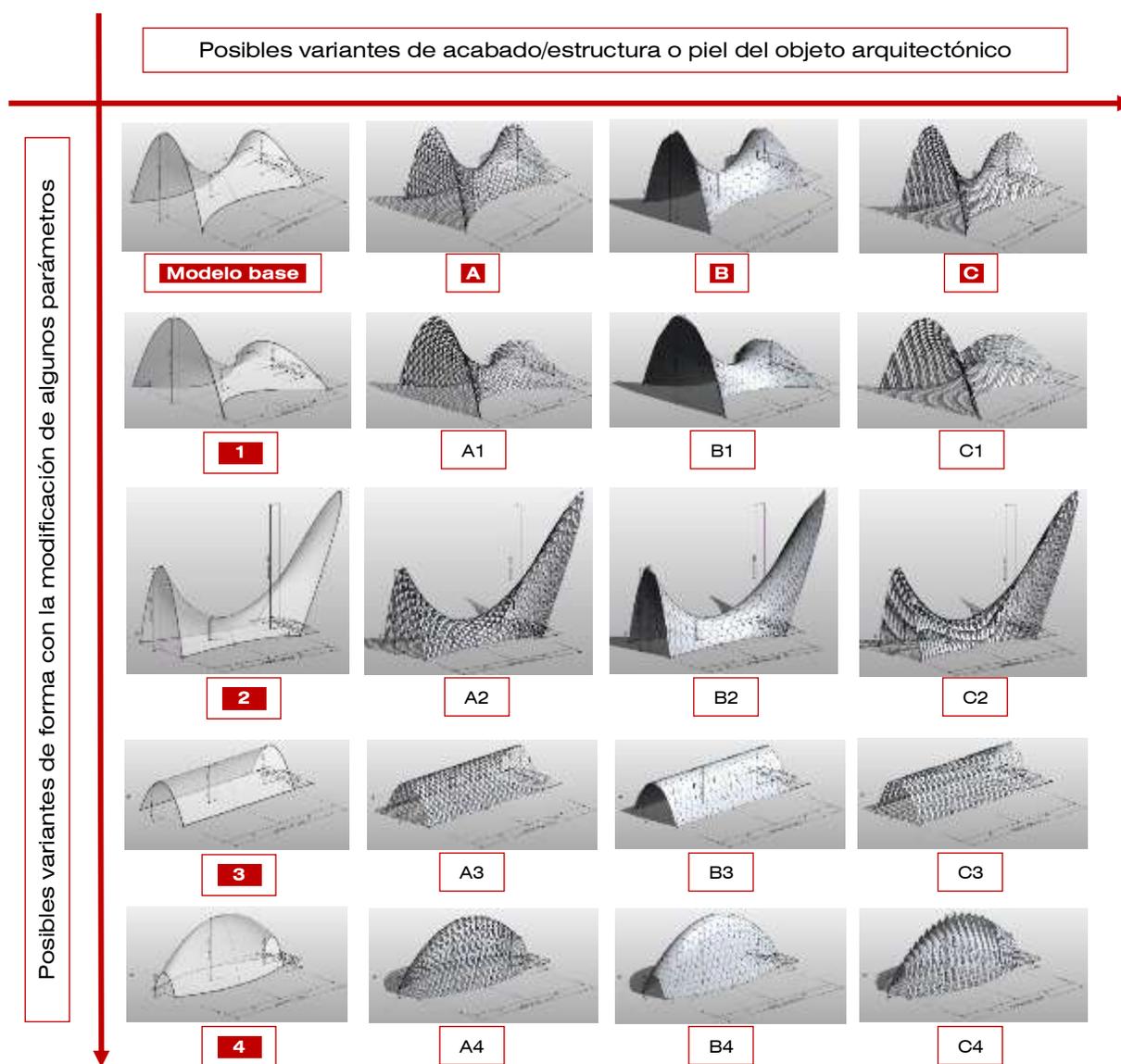
La consideración del trayecto del sol constituye otra variable, lo que adicionalmente contribuye para poder considerar la mejor orientación del objeto arquitectónico que se está diseñando, según las condiciones climatológicas del sitio en el que se enclavará y prever así las sensaciones térmicas que se puede producir el interior, al igual que las repercusiones que tendrá en el usuario antes de que se construya el edificio.

Vale la pena destacar que aun cuando se trata de una etapa preliminar del proceso de diseño, la plataforma BIM ya está permitiendo la exploración inmediata y simultanea de varios aspectos, que además de visualizarlos son factibles de ser cuantificados y valorados cualitativamente hablando.

Como parte de este ejercicio, se realizaron modificaciones –que podrían ser infinitas- con solamente en dos variables: los parámetros de altura y el

texturizado, que otorgan una proporción y apariencia muy distinta en todos los modelos que resultaron; esto con el propósito de ejemplificar solo algunas de las diferentes opciones que se pueden obtener que en un tiempo reducido, lo cual se muestra en la Figura N° 59, que se incorpora a continuación.

Figura N° 59. EJERCICIO 1. Exploración de modelo virtual con dos variables.



Fuente: Modelados y tabla elaborada por la autora (octubre 2018)

Con la combinación de las dos variables que se han empleado se obtienen como el resultado veinticinco alternativas, en lapso de no mayor de una hora, con lo que se demuestra la velocidad a la que es posible explorar un objeto arquitectónico –que en este caso ya fue creado– a partir de la manipulación de su masa conceptual. Vale la pena precisar que se pueden considerar más variables de las que se han contemplado en este ejercicio, es decir, que si se incluye la asignación de un material o bien si se incorporara la propuesta de color, el número de opciones aumentaría exponencialmente.

En el caso de incorporar la variable color, incluso sería posible analizar el impacto psicológico que el manejo del color propiciaría en el usuario, o bien contemplar con antelación el impacto formal y visual que el objeto arquitectónico producirá en el contexto donde se pretenda ejecutar. De igual forma una de las grandes fortalezas del modelado de información es que cualquier solución de diseño que el arquitecto obtenga, es cuantificable, por lo que cada componente puede ser presupuestado y definido con precisión geométrica para su ejecución real.

Lo relevante del ejercicio que se ha presentado, es demostrar que en una fase temprana de exploración sobre la masa conceptual –con la que un arquitecto estuviera interesado en trabajar– ya se pueden ir considerando diversos aspectos y la manera que repercutirán incluso en el terreno sensorial de los posibles usuarios, pero también en el área de costos y diseño de estructura. Asimismo, resulta significativo el poco tiempo que le lleva a una sola persona realizar esta exploración y la considerable cantidad de opciones que se obtienen; algo que por medios tradicionales es posible siempre y cuando se involucren muchos colaboradores, lo que invariablemente repercute en una inversión superior de tiempo y dinero, aumentando de igual forma la probabilidad de error.

Otro objeto arquitectónico -en este caso a escala urbana- con el que también se experimentó alterando sus parámetros, es la estructura metálica abovedada semicircular que John McAslan + Partners⁹⁰ realizaron en el proyecto de la rehabilitación, renovación y ampliación de la Estación de King's Cross, en Londres, Inglaterra, el cual fue desarrollado en el marco de los juegos olímpicos de 2012. A continuación en la Figura N° 60, se muestran cuatro imágenes de la estructura de la Estación de King's Cross desde diferentes ángulos para identificar su geometría y composición, el cual se utilizará como base para igualmente demostrar que a partir de una opción arquitectónica ya ejecutada, es posible detonar otras opciones.

Figura N° 60. King's Cross Station, Londres, Inglaterra (2012)



Fuente: "King's Cross Station / John McAslan + Partners" (2012). ArchDaily.
Disponible en: <https://www.archdaily.com/219082/kings-cross-station-john-mcaslan-partners> Consultado el 11 junio 2018.

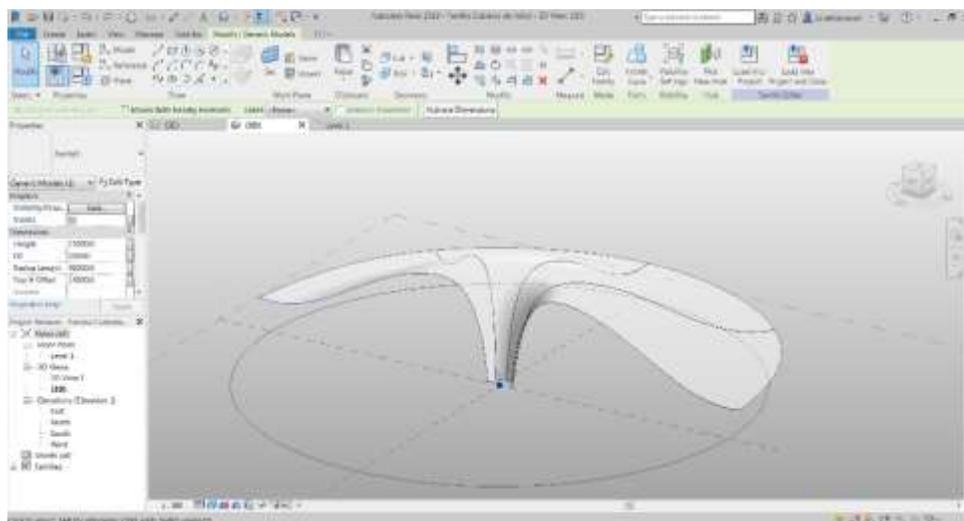
Cabe señalar que si bien en este documento se recurre con propósitos concretamente demostrativos a la exploración de objetos arquitectónicos ya

⁹⁰ John Renwick McAslan, arquitecto Británico, que funda John McAslan + Partners en 1996, donde permanece como presidente ejecutivo y está activo hasta la fecha. El trabajo de esta empresa se centra en edificios nuevos. Cuenta con reconocimiento por la cuidadosa restauración y remodelación de edificios históricos en el Reino Unido. Ha recibido más de 150 premios internacionales de diseño, incluyendo 25 RIBA premios internacionales, nacionales, regionales y especiales. Disponible en: <http://www.cbetta.com/director/john-renwick-mcaslan> Consultado el 22 de julio de 2018

construidos y en funcionamiento, la realidad es que con el empleo de BIM en la fase inicial del proceso de diseño, el arquitecto puede iniciar la experimentación de la idea primigenia que formule en su imaginación desde la masa conceptual que esté en su interés abordar y detonar la cantidad de alternativas que desee –que son ilimitadas- hasta obtener el modelo tridimensional que logre satisfacer sus inquietudes proyectuales y adicionalmente, desde esta etapa temprana, la plataforma le permita visualizar con anticipación posibles interferencias, inconsistencias y consecuencias de lo que tiene en mente lograr a nivel de proyecto arquitectónico.

Al igual que con el proyecto de Félix Candela, para el caso de la Estación de King's Cross, se procede a la construcción virtual del modelo tridimensional base, en el software REVIT, como se ilustra con la Figura N° 61, expuesta a continuación.

Figura N° 61. Geometría y trazos base.



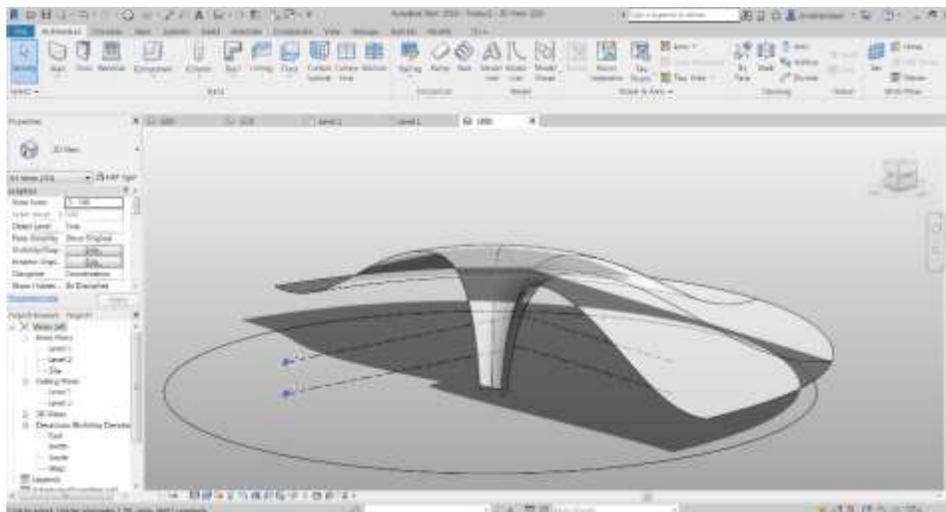
Fuente: modelado por la autora (2018)

Una vez que se cuenta con la forma base con la que se trabajará digitalmente, se aplican efectos de luz y sombra, lo que permite visualizar

en esta etapa, los efectos que la trayectoria del sol repercutirán en el objeto arquitectónico en la fecha, hora y lugar preciso. Cabe señalar que en la Figura N° 62, se ha considerado la forma que describe la estructura metálica de la estación, de King's Cross, como un sólido y no como es el proyecto real, donde el entramado de la estructura metálica consiente el paso de la luz.

Aquí la exploración puede llevarse a cabo en momentos muy específicos, pues el programa permite el acceso a las diversas condiciones que se suscitan en función de la hora del día, época del año y el emplazamiento que se elija. Lo anterior combinado con el número infinito de tratamientos que se le pueden asignar a la cubierta de texturizados y materiales diversos alternando superficies sólidas y translucidas –a decisión de quien diseña- se podrán obtener resultados diametralmente opuestos, donde el abanico de posibilidad puede ser tan extenso como el arquitecto esté dispuesto a explorar.

Figura N° 62. Efectos de luz y sombra

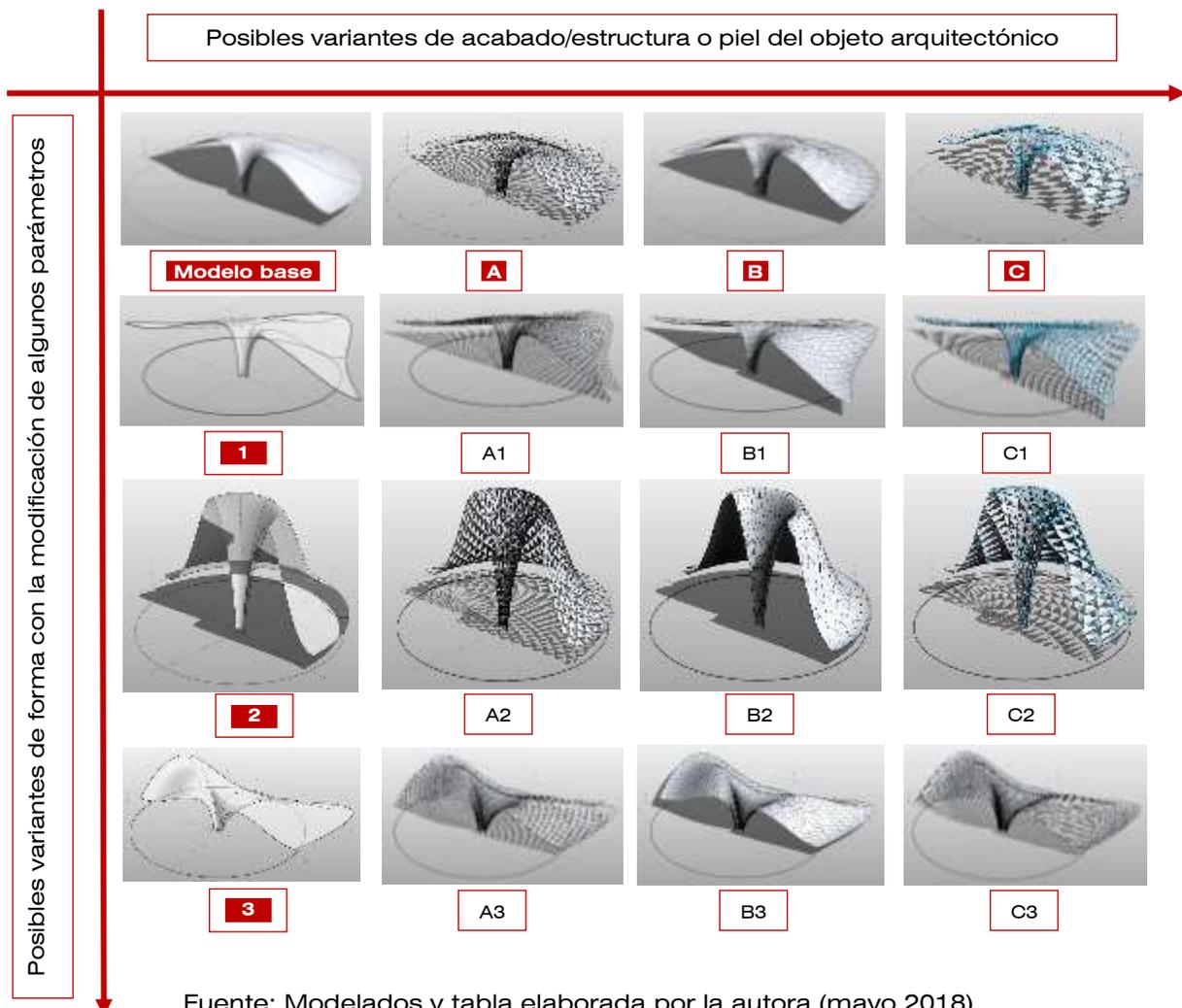


Fuente: modelado por la autora (2018)

Siguiendo el mismo procedimiento aplicado a la Capilla Abierta en Lomas de Cuernavaca Morelos del arquitecto Félix Candela, la cubierta de la

Estación King's Cross en el Reino Unido, también se somete a la modificación de dos variantes: los parámetros de dimensiones del modelo base digital y la asignación de textura. Esta exploración da como resultado, la generación de diversas opciones que se obtienen en un lapso no mayor de hora y media, lo que demuestra la eficiencia de este ejercicio y la versatilidad de formas a las que se puede acceder en un tiempo reducido. A continuación se integra la Figura N° 63, donde se concentran tan solo algunos de los resultados obtenidos, porque en la práctica se pueden registrar un número infinito de alternativas.

Figura N° 63. EJERCICIO 2. Exploración de modelo virtual con dos variables.



Las dieciséis alternativas antes expuestas, se obtiene a partir de la combinación de únicamente dos variables, las cuales se modifican a decisión del arquitecto, no obstante, los resultados no se limitan a este número, siempre existe la posibilidad de hacerlo tan extenso como se quiera e incrementan de manera exponencial las alternativas si se agregan y alternan otras variables, tales como materiales, colores, espesores, alternancia de las superficies sólidas y traslucidas para conformar la cubierta del objeto arquitectónico que se está explorando -en este caso a nivel de masa conceptual- todo ello a decisión de diseñador.

Otra variable que también se puede contemplar y que hasta el momento no se ha mencionado, es la escala a la que se idee el modelo tridimensional, pues en función de la escala humana está la magnitud de la propuesta y el número de niveles que podría admitir el objeto arquitectónico.

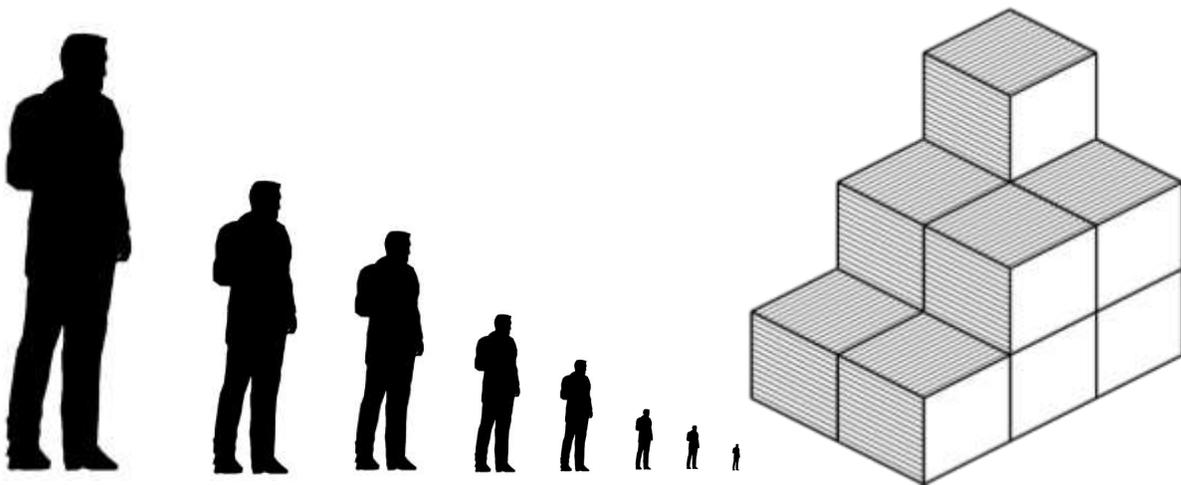
Derivado de considerar la escala como otra variable, el arquitecto también estaría en condiciones -aun es esta etapa tan prematura- de concebir la eficiencia del espacio desde el enfoque del confort que le proporciona el dimensionamiento a los usuarios del objeto arquitectónico.

Para ilustrar el concepto de la variable de escala, se incorpora la Figura N° 64, en la que se manifiesta la relación que se establece entre la escala humana que se implante y el mismo objeto que se trabaja, lo cual propicia concepciones del espacio arquitectónico muy diferentes. Esto puede conceder una presencia muy pequeña o bien hacer que el objeto tenga un impacto monumental.

Para cerrar este segmento y a manera de conclusión, se puede precisar que con la exploración realizada en los dos ejemplos aquí abordados, se demuestra que en una fase muy temprana del proceso proyectual con el empleo de la plataforma BIM, se puede concebir un número indeterminado

de escenarios posibles que giran en torno a la alternativa arquitectónica que se detona de la idea primigenia del arquitecto, la cual además se podrá visualizar de manera integral y no parcializada o desmembrada por vistas 2D, como en la mayoría de los casos se hacía por medios convencionales de representación, esto aun antes de detallar todos los aspectos y de que intervengan las ingenierías que participan para concretar el proyecto.

Figura N° 64. Relación escala humana-objeto



Fuente: modelado por la autora (2018)

Lo anterior sin perder de vista que en la práctica la plataforma BIM no solo está propiciando la visualización de los múltiples escenarios y las diversas opciones, sino que también está permitiendo la exploración de la idea primaria, en un lapso muy reducido de tiempo, que de entrada da la pauta para que las decisiones que se tomen estén encuadradas dentro de la visión global del proyecto que se está trabajando.

4.3 Ideario contemporáneo sobre las nuevas tecnologías aplicadas al diseño (BIM)

Los estudios sobre las ideas que se tienen respecto a un tema en particular, como en el caso la plataforma BIM, inmersa dentro del espectro del avance tecnológico, -que aún no domina el colectivo- constituyen un fuerte referente que logran destacar el sentir del grupo AEC -la población en el que se concentra el estudio- quien al menos en México, asume el fenómeno de manera parcializada, (Ver Anexo D), no obstante, emite juicios, críticas y opiniones, ya sea a favor o en contra.

Sin embargo, aun reconociendo la presencia indiscutible de estas matrices, habrá que destacar la influencia ejercida de manera indirecta o directa de la mercadotecnia implementada por las compañías que la promueven -en el caso del BIM-, con propósitos muy específicos, lo que repercute en pensamientos ya sea prejuiciosos o imparciales. Sin importar que la postura de quien externa su pensar -en gran medida sea erróneo-, el ejercicio logra sacar a la luz lo que está sucediendo a nivel de ideario colectivo, la aceptación o rechazo, la forma en que se visualiza el trabajo colaborativo que se detona en torno de la plataforma y la manera en que se están concibiendo sus debilidades y fortalezas desde el proceso de diseño en faces muy tempranas.

Para el caso de BIM -por tratarse de una plataforma que está en una expansión paulatina en México desde la formación universitaria hasta la actividad profesional-. Al inicio de este estudio, la brecha generacional se vislumbraba como el factor determinante que polarizaría pensamientos, marcaría tendencias y actitudes entre la población que emitió su juicio. Sin embargo, la edad no fue algo que rigiera la forma de pensar sobre la plataforma y se detectó que la aceptación, empleo y el involucramiento con

tecnologías -en este caso con BIM- tiene relación directa con el permiso que cada individuo se quiera otorgar para arriesgarse a dar el primer paso, que es el cambio de pensamiento para romper paradigmas preestablecidos.

Un instrumento del trabajo de tipo cualitativo, a partir de la cual, se ha podido recopilar y matizar la vasta influencia del fenómeno y su impacto en el pesar de los involucrados, fue el diario de campo⁹¹ que se llevó a lo largo de este estudio, documento donde se registraron metódicamente las opiniones emitidas al respecto del tema de investigación entre un universo de personas inmersas en el mundo de la arquitectura. Cabe señalar que se tomó en cuenta los comentarios emanados de tanto de docentes y estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, así como de quienes ejercen la docencia a nivel público y privado, al igual de quienes se dedican a la profesión en otros ámbitos como el medio de la construcción, el diseño, la administración, la venta y promoción inmobiliaria, etc., estas opiniones se pueden consultar puntualmente en el Anexo D.

Como se señaló, este esquema de trabajo predeterminado, cumple con el requisito de llevar un reporte diario que evita en gran medida el formalismo de otros instrumentos de medición como la entrevista o la encuesta, ya que consiste en un cuaderno de anotaciones donde la investigadora escribió a manera de memorándum⁹² los datos, expresiones, opiniones, definiciones o cosas para recordar respecto al tema en cuestión.

Aun cuando resulta poco práctico llevar el diario de campo en un trabajo metódico, continuo y científico; para el caso, el compendio de pensamientos

⁹¹ Instrumento utilizado por los investigadores para registrar aquellos hechos que son susceptibles de ser interpretados. En este sentido, el diario de campo es una herramienta que permite sistematizar las experiencias para luego analizar los resultados. Disponible en: <https://definicion.de/diario-de-campo/> Consultado el 17 de febrero de 2017

⁹² Palabra latina que significa "cosa que debe recordarse". El concepto tiene varias definiciones y usos, según admite la Real Academia Española (RAE). En su aceptación básica, es un informe donde se expone algo que debe ser tenido en cuenta para un determinado asunto o acción. Disponible en: <https://definicion.de/memorandum/> Consultado el 21 de febrero de 2017

emitidos por los involucrados en el área del conocimiento en que se encuadra la investigación, ha resultado de gran apoyo, debido a que refleja lo que la comunidad percibe y denota que tan informados e involucrados esta con la plataforma BIM, así como el dominio que tiene en la práctica de esta.

Es de hacer notar que en el diario de campo que se llevó a lo largo de toda la investigación –dos años–, se encuentran registradas las opiniones de muchas personas involucradas en el medio de la AEC y que las ideas externadas son muy diversas, Otro aspecto que se evidencia en el Anexo D, es como a medida que avanzó la indagación, las opiniones se fueron haciendo más complejas, derivado de un discurso que paulatinamente también se fue haciendo más profundo.

Por lo anterior no es de extrañarse que, las opiniones emitidas en el primer periodo 2017-1, sean un tanto superfluas y muy primarias, no así en los periodos subsecuentes donde el mismo avance de la investigación, condujo a establecer vínculos con individuos con otra visión, dominio, experiencia y prospección de lo que implica la plataforma BIM.

Con el diario de campo que se llevó, es claro que son muy pocos los que por su experiencia, emitieron comentarios de peso que pongan en valor la fortaleza de BIM en el entorno a los procesos de diseño en su fase temprana. Sin embargo, resulta contundente que se le reconozca con fuerte potencial.

Con las opiniones registradas, se llevó a cabo una clasificación para diferenciar las opiniones positivas y negativas respecto a BIM y determinar la tendencia del universo –que consistió en 133 opiniones– en función del grupo al que pertenece –docente, alumno o AEC–, resultados que quedan concentrados en la siguiente Tabla N° 21.

Tabla N° 12. Clasificación de opiniones sobre BIM, registradas en el Diario de campo.

Concepto	DOCENTE						Total Docentes
	Licenciatura		Maestría		Doctorado		
Nivel académico	Licenciatura		Maestría		Doctorado		55
N° de opiniones por nivel académico	23		18		14		
Opinión	-	+	-	+	-	+	55
N° de opiniones	16	7	9	9	5	9	
Porcentaje Del total de docentes	29.09%	12.72%	16.36%	16.36%	9.09%	16.36%	100%
Porcentaje Del universo	12.03%	5.25%	6.76%	6.76%	3.75%	6.76%	41.35%
Concepto	ALUMNO						Total Alumnos
	Licenciatura		Maestría		Doctorado		
Nivel académico	Licenciatura		Maestría		Doctorado		35
N° de opiniones por nivel académico	23		18		14		
Opinión	-	+	-	+	-	+	35
N° de opiniones	9	4	7	7	2	6	
Porcentaje Del total de docentes	25.71%	11.42%	20.00%	20.00%	5.71%	17.14%	100%
Porcentaje Del universo	6.76%	3.00%	5.26%	5.26%	1.50%	4.51%	26.30%
Concepto	AEC				Total Alumnos		
	Privado		Público		Total Alumnos		
Sector	Privado		Público		Total Alumnos		43
N° de opiniones por nivel académico	25		16		Total Alumnos		
Opinión	-	+	-	+	Total Alumnos		43
N° de opiniones	9	16	10	6	Total Alumnos		
Porcentaje Del total de docentes	20.93%	37.20%	23.25%	13.95%	Total Alumnos		100%
Porcentaje Del universo	6.76%	12.03%	7.51%	4.51%	Total Alumnos		32.33%

Fuente: Estructurada por la autora en agosto 2018, a partir de la información recopilada de en el diario de campo en el periodo 2016-2018

Con el propósito de comprender de una forma más directa los datos antes presentados en la Tabla N° 12, a continuación se procede a exhibir dos gráficas, mismas que consienten hacer la comparativa visual y rápida de los datos. En la Figura N° 65, se presenta una gráfica de pastel que expone como quedaron repartidos los porcentajes de los ámbitos contemplados en el diario de campo –docentes, alumnos y AEC- donde el universo quedó integrado por las 133 opiniones registradas metódicamente en el diario de campo a lo largo de los cuatro semestre que duró la investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

Conclusiones

Conclusiones

El desarrollo de esta investigación: *“Análisis crítico de BIM como potencializador en los procesos de diseño arquitectónico”*, ha permitido corroborar que la mayoría de los que tienen noción de la plataforma y que la han utilizado, la conciben de manera parcializada, esto derivado de la experiencia y el grado de acercamiento que han tenido con ella.

Esto, a pesar de que su potencial va más allá del control eficiente de la obra y el abatimiento de costos. Las tecnologías de información han logrado abarcar un amplio espectro de datos al generar los modelos BIM, que contienen toda la información pertinente para la ejecución de un proyecto arquitectónico, que se detona desde la concepción inicial de diseño formulada por el arquitecto hasta la construcción y futuro mantenimiento del objeto arquitectónico una vez que ha sido ejecutado.

Mantener esta información dinámica interconectada desde el primer acercamiento a la idea primigenia del diseñador, genera valor agregado que se maximiza a medida que se avanza en el proyecto en cada una de las etapas, al permitir un mejor control del proyecto tanto en el diseño como en la parte técnica-administrativa, al detectar interferencias y prevenir inconsistencia; lo que optimiza resultados en términos de calidad, cronograma y economía.

Si bien este trabajo nunca tuvo la pretensión de imponer una concepción inequívoca, si es una invitación para que se le considere la plataforma BIM dentro de otros contextos, en este caso específico en el proceso de diseño en su fase inicial y se pueda ver con otros ojos la trascendencia que tiene el modelado de información y la repercusión directa en la forma de explorar un

diseño, pero también en la manera de pensar y trabajar que propicia entre los involucrados en estos procesos.

Es prudente señalar que resulta difícil llegar a emitir una conclusión que signifique un punto y parte, puesto que la naturaleza de la misma plataforma y el crecimiento rizomático que ha presentado a la fecha, no consiente manifestar que todo está dicho como también resulta temerario plantear lo que sucederá en un corto o mediano plazo y menos en un futuro distante.

Es una realidad que el comportamiento de la plataforma resulta impredecible y está en constante mutación, cambio y adecuación, derivado en gran medida de los adelantos tecnológicos que emergen per se y en otros ámbitos, así como también por los nuevos materiales que surgen para la construcción, aunado al interés del arquitecto por arriesgarse a la búsqueda de alternativas innovadoras y eficientes que den puntual respuesta a las necesidades espaciales de su momento.

Lo anterior hace que la plataforma BIM se vaya abriendo paso entre los nuevos retos que se presentan en el mundo de la arquitectura, mismos que hasta el momento se han solventado con la incorporación de diversos plugin y las aplicaciones que van surgiendo, lo que permite nuevas operaciones y alternativas para la exploración y búsqueda de soluciones como respuesta a los múltiples escenarios que emanan hoy y que constituyen los desafíos que el entorno de diseño arquitectónico impone, los cuales difícilmente puede ser equiparables a los que emergerán más adelante.

No obstante, si es viable predecir que la búsqueda de estas nuevas soluciones en la arquitectura como en otras áreas del conocimiento, conducirán a seguir rompiendo paradigmas que conlleven a la implementación de nuevas maneras de pensar y de actuar ante la emergencia.

No establecer una conclusión explícita no significa una deficiencia del trabajo aquí expuesto, por el contrario, el acercamiento a una concepción más amplia de la plataforma BIM, ha permitido la apertura de puertas que más bien representan un nicho amplio de oportunidades para detonar y vislumbrar diferentes líneas por las cuales seguir trabajando el tema, como un fenómeno que seguirá evolucionando y creciendo de la mano con los escenarios que se presenten.

No obstante, a continuación se marcará el cumplimiento de los objetivos particulares que se plantearon previamente en la introducción, para establecer el resultado al que se llega en esta etapa como fruto del análisis teórico-práctico llevado a cabo.

1. Identificar la evolución de los procesos cognitivos a partir del empleo de la tecnología enfocada al diseño.

La simbiosis que se gesta entre los procesos cognitivos y la tecnología en el diseño de nuevas soluciones resulta indisoluble, pues una se retroalimenta de la otra, perfilando nuevos caminos que conducen al rompimiento de los paradigmas preestablecidos y detonan un nuevo pensar y hacer, el cual perderá vigencia cuando surja un problema diferente que conduzca a la búsqueda de una alternativa disímil, lo que se convierte en un ciclo en espiral que crece rápidamente en torno a las necesidades y que va de la mano del avance tecnológico.

2. Comprender a través de un recorrido diacrónico, la evolución de la triada diseñador-pensamiento-tecnología, como un proceso natural que da como resultado la transformación del medio.

En el recorrido cronológico que se realizó en el presente documento, se evidencia la manera en que el hombre de cada época ha transformado el

medio como consecuencia del surgimiento de las necesidades del momento y la búsqueda de alternativas eficientes, donde diseñador, pensamiento y tecnología, están en estrecha relación. Dinámica que va propiciando la evolución de la tecnología en diferentes ámbitos y acompaña al hombre hacia un cambio de pensar y hacer, en su necesidad por encontrar las respuestas más apropiadas y seguir evolucionando.

3. Identificar la concepción contemporánea que se tiene en el gremio de arquitectos, de las nuevas tecnologías aplicadas al diseño.

A lo largo de dos años, en el proceso de esta investigación se detectó que a pesar de la velocidad a la que hoy viaja la información, de lo accesible que es para todos estar en contacto con los avances tecnológicos, y que BIM es una plataforma cuyo origen se detona hace más de veinte años con lo pioneros Garbor y Raiz; en la actualidad existe mucha confusión entre el gremio AEC y pocos son los que cuenta con una concepción completa de lo que implica BIM, y menos aún dentro de los procesos de diseño. Este documento ha evidenciado la forma parcializada en que se concibe la plataforma, haciendo palpable que en gran medida se debe a la experiencia que se cada individuo ha tenido con su empleo y su disposición para sumirla.

4. Exponer las fortalezas de plataforma BIM y su participación en el cambio de pensamiento.

Los beneficios de implementar una gestión BIM en un proyecto, se dan a largo de todo el ciclo de vida de la edificación, lo que permite ahorros sustanciales, mejores proyectos en plazos más cortos -altamente demandado por el sector AEC- y exigen el desempeño de las empresas en términos de competitividad e innovación, debido a la velocidad con que se demandan soluciones integrales y visionarias.

En las etapa temprana de un proyecto -donde este estudio pone especial atención- desarrollar un diseño integral BIM colaborativo entre las partes interesadas, no solo ayuda a evitar errores o incompatibilidades durante la fase de construcción, y por ende a eliminar los desperdicios de material y mano de obra; también detona amplias posibilidades de exploración de ideas en la etapa inicial del proceso de diseño para concretar una concepción integral, lo que propicia que el arquitecto desarrolle una forma diferente de pensar tanto la parte creativa como en la técnica y ambas quedan inmersas en el trabajo colaborativo.

5. Analizar la plataforma BIM como una herramienta que faculta el trabajo colaborativo.

El término trabajo colaborativo al que se ha hecho referencia a lo largo del documento y que acompaña invariablemente la implantación de la plataforma BIM, fue planteado por Yochai Benkler, catedrático de la facultad de Derecho de la Universidad de Harvard, el concepto está basado en los principios filosóficos del bien común y en principios operativos que guían el desarrollo de un proyecto.

En el caso de BIM, la investigación conduce a identificar que este método de trabajo significa compartir dentro de un modelo virtual tridimensional, los conocimientos, materiales e ideas con la finalidad de que las diferentes disciplinas que participan puedan construir a partir de esta suma de saberes y destrezas que se complementan.

En ese sentido el conocimiento se hace común para cada una de las partes que intervienen, por lo que se puede utilizar globalmente en la solución de un problema, es decir, en el modelado de información se vierten las competencias de todas las disciplinas involucradas en los procesos

intencionales de un grupo conformado para alcanzar metas específicas de manera conjunta.

Durante el proceso de diseño arquitectónico, el trabajo colaborativo e integrado, permite la generación automática de dibujos y planos, análisis de alternativas y determinar las oportunidades para agregar valor al proyecto a través del mapeo de la cadena de valor.

6. Demostrar si la plataforma potencializa el pensamiento del diseñador en la fase temprana del proceso del diseño arquitectónico.

Como parte del Capítulo 4, fueron incorporados dos ejercicios, a través de los cuales se hizo palpable la velocidad a la que se puede explorar la idea base concebida en el pensamiento del arquitecto, para acceder a un número indeterminado de alternativas en las que de manera simultánea se pueden valorar aspectos de alta complejidad -a pesar de ser la etapa inicial del proceso proyectual-, tales como materiales, texturizado, forma y geometría, comportamiento del objeto ante la trayectoria del sol, escala, color, detectar la posible incidencia en el potencial usuario dentro del terreno sensorial, el impacto del objeto en el contexto en que se implantará, la interconexión e intercomunicación entre el objeto arquitectónico y el contexto inmediato, etc.

A esto, además, se suma la posibilidad de hacer modificable, cuantificable y medible cada componente que participa en el diseño, en cualquier momento, lo que permite que la propuesta virtual sea perfectamente construible en la realidad, minimizando inconsistencias y acelerando la ejecución. De esta manera todo queda englobado en la exploración integral de las ideas arquitectónicas que el diseñador gesta en su imaginación y que puede ejecutar en tiempo record, lo que constituye un fuerte potencial a la hora de tomar decisiones que perfilen la propuesta hacia óptimos

resultados, apegados a la intencionalidad original de diseño que tuvo el proyectista.

Cabe destacar que en el proceso de este trabajo se detectó que el nivel de beneficios esperados para un proyecto varía de acuerdo a la experiencia que tenga la empresa o quien esté a cargo de la implementación de la plataforma BIM desde la etapa inicial del proyecto hasta su conclusión.

7. Exponer el presente estudio como un punto de partida para la interpretación, análisis y disertación de la temática tratada.

En este último objetivo, se concluye que el acercamiento realizado en esta investigación a la plataforma BIM, lleva a entender el enorme potencial que tiene esta en el contexto del diseño y demostrar que es viable contemplar aspectos de alta complejidad vinculados directamente al objeto arquitectónico que se tiene en mente, a pesar de que se trate de una etapa prematura. En ese sentido se permite al proyectista la visualización integral y eficiente del objeto en proceso de diseño, con lo que se resta incertidumbre y le adjudica un mayor grado de veracidad al planteamiento proyectual.

Si bien este estudio demostró que existe desconocimiento por parte de las generaciones actuales y resistencia de quienes a lo largo de su formación universitaria y de su ejercicio profesional, han trabajado bajo los esquemas que propician los procesos tradicionales y no conciben las alternativas que los avances tecnológicos ofrecen, este documento es una invitación para disertar e interpretar lo que se ha expuesto mismo que se respalda con argumentos y con ejercicios que aunque básicos, no dejan de ser significativos de lo que el dominio y empleo de BIM puede arrojar en el proceso proyectual.

En cuanto al análisis crítico, a lo largo del documento se enfatizó que la plataforma BIM como hoy se conoce y el trabajo colaborativo que emana en consecuencia, no son la panacea a la que únicamente se le pueda adjudicar per se, la capacidad de resolverlo todo como si se tratara de un acto mágico e instantáneo. El papel del ente pensante -arquitecto- con una formación y experiencia consolidada en la arquitectura es la pieza fundamental para que la ecuación funcione, pues es quien dicta los alcances y toma las decisiones para que sea ejecutada empleando la plataforma BIM. Por lo tanto, este documento encuentra que la formula funciona si entran en perfecto equilibrio el empleo y dominio del avance tecnológico (BIM) con el cual se consiente la visión integral del proyecto desde su nacimiento y el conocimiento, intenciones y capacidad de quien opera la plataforma para la obtención de resultados proyectuales que trasciendan y gesten la arquitectura.

Por último vale la pena señalar que un aspecto cuestionable en la plataforma BIM, es la confianza que se deposita en la base de datos que ya tiene incluido el programa que se empleen para realizar ciertas tareas como la simulación y enfatizar que no cuenta con posibilidad de verificar que tan fidedignos son. En este punto se puede señalar que los parámetros de iluminación y comportamiento del sol en función de los datos geográficos que se utilizan, permiten obtener escenarios que se presumen cercanos a la realidad, pero sin la posibilidad de verificarlos.

Para concluir, el análisis crítico sobre la plataforma BIM se precisa que este documento constituye el preámbulo para continuar estudiando el rumbo que tome entorno a los procesos de diseño arquitectónico y la inmediatez de los resultados que se obtienen. A continuación se integran los anexos que se consideran pertinentes, el glosario de términos y finalmente la bibliografía general y otras fuentes de información que fungieron de referencias teóricas a la investigadora en el desarrollo del trabajo aquí expuesto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Anexo A
Formato de cuestionario

Sondeo preliminar aplicado a cien estudiantes de 7° semestre de la Licenciatura de Arquitectura de instituciones de educación superior de México. FES-Aragón UNAM y UNITEC-Ecatepec.

Figura N° 67. Instrumento de medición, aplicado a estudiantes de arquitectura del 7° semestre.

1	Edad:		2	F	<input type="checkbox"/>	M	<input type="checkbox"/>
3	¿ Has empleado la plataforma BIM?						
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
4	¿ Tienes conocimiento de lo que implica BIM en el proceso de diseño arquitectónico?						
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
5	¿ Eres consciente de los alcances que puede tener tu diseño arquitectónico con el empleo de BIM?						
	Algo	<input type="checkbox"/>	Bastante	<input type="checkbox"/>	Mucho	<input type="checkbox"/>	
6	¿ Has aplicado BIM en la fase inicial de tu diseño?						
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
7	En caso afirmativo ¿Qué software has utilizado para diseñar?						
	Revit	<input type="checkbox"/>	Archicad	<input type="checkbox"/>	Indiqué: _____		
	3DS Max	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>			
8	Con el empleo de esta herramienta:						
	a)	Consolidas tu idea original de diseño					
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
	b)	¿En qué grado se consolida la intención proyectual?					
	Poco	<input type="checkbox"/>	Algo	<input type="checkbox"/>	Bastante	<input type="checkbox"/>	Totalmente <input type="checkbox"/>
	c)	¿Qué tanto te aproximas a lo que originalmente imaginaste?					
	Poco	<input type="checkbox"/>	Algo	<input type="checkbox"/>	Bastante	<input type="checkbox"/>	Totalmente <input type="checkbox"/>
	d)	Tu diseño generalmente se:					
	Mejora	<input type="checkbox"/>	Modifica	<input type="checkbox"/>	Enriquecio	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Estructurada por la autora (octubre 2017)

Los resultados que arroja la aplicación del anterior cuestionario, a cien estudiantes de la Licenciatura de Arquitectura del 7° semestre de dos instituciones de educación superior, en la que participaron cuarenta alumnos de una Universidad perteneciente al sector público (FES- Aragón UNAM) y sesenta estudiantes del sector privado (UNITEC Campus Ecatepec), se elabora la siguiente Tabla N° 13, en la que se concentró la información obtenida.

Cabe señalar, que este material permitió estructural de las gráficas de barras que aparecen en la p. 178 de este documento, en la que se tomó conjuntamente a los cien alumnos que participaron como el universo.

Tabla N° 13. Comparativa del empleo de BIM por estudiantes de educación superior.

CONCEPTO		Estudiantes arquitectura 7° semestre	
		FES-Aragón UNAM	UNITEC plantel Ecatepec
Instrumento de medición:		Cuestionario aplicado a 40 alumnos (Ver anexo A)	Cuestionario aplicado a 60 alumnos (Ver anexo A)
Edad promedio de los participantes:		21-25 años	24-28 años
Empleo la plataforma BIM		<ul style="list-style-type: none"> Cuatro, afirman haberla empleado en el ámbito laboral Tres manifiestan emplear la plataforma en algunas materias. 	<ul style="list-style-type: none"> Siete, la utilizan en el trabajo. Cuatro aseguran ocupar la plataforma BIM, en la universidad
¿Qué implica BIM en el proceso de diseño?		<ul style="list-style-type: none"> El 20% esta consiente de las implicaciones de la plataforma en el diseño. El 80% solo lo concibe para el control del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> El 30%, manifiesta saber que favorece el proceso. El 70% tiene la idea de que la plataforma se ocupa después de ejecutar el diseño.
Aplicación de BIM en la fase inicial de diseño		<ul style="list-style-type: none"> Los cuatro que la han empleado en el trabajo, señalan que si la emplean en los inicios de su proceso de diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Cinco de los siete que la emplean en el trabajo, aseguraron aplicar la plataforma en la etapa inicial proyectual.
Software que se ha utilizado		<ul style="list-style-type: none"> Tres personas emplean REVIT Una persona ocupa ArchiCAD 	<ul style="list-style-type: none"> Cinco personas emplean REVIT Dos persona ocupa ArchiCAD
Con el empleo de BIM	a) Consolida la idea inicial de diseño	<ul style="list-style-type: none"> Los cuatro que la han empleado en, manifiestan que es más fácil darle forma a su idea. 	<ul style="list-style-type: none"> Seis de los siete que la emplean, aseguraron consolidar la idea inicial.
	b) Grado en que consolida la intención proyectual	<ul style="list-style-type: none"> Totalmente 	<ul style="list-style-type: none"> Bastante
	c) Aproximación a lo que imaginó originalmente	<ul style="list-style-type: none"> Bastante 	<ul style="list-style-type: none"> Bastante
	d) Que sucede con el diseño	<ul style="list-style-type: none"> Mejora 	<ul style="list-style-type: none"> Enriquece

Fuente: Estructurada por la autora (noviembre 2017)

ANEXO B

Formato de entrevista

Taller Rivadeneyra Arquitectos
Av. Homero 1425-C, Polanco II Sección 11560 CDMX

Me gustaría que me platicaran de su experiencia sobre la transición en el empleo de las herramientas tradicionales a las herramientas tecnológicas actuales como la plataforma BIM.

1. ¿Cuáles son las diferencias puntuales que identifica en el proceso proyectual?
2. En su opinión, el empleo de las nuevas herramientas tecnológicas:
 - ¿Potencializa su creatividad?
 - ¿Le permiten aproximarse más a la idea primigenia que formula en su cerebro?
3. ¿Cuáles son las debilidades y fortalezas que visualiza con el empleo de BIM en la fase temprana del diseño en comparación con las herramientas tradicionales?
4. De acuerdo con su experiencia, la simbiosis hombre-máquina, ¿permite o no mejores resultados en materia de diseño?
5. En función de su experiencia, las herramientas tecnológicas actuales:
 - ¿Estarán permitiendo que la mente del diseñador se expanda y dé más y mejores resultados?
 - O por el contrario
 - ¿Qué estas herramientas sean facilitadoras de soluciones y propicien entes flojos de pensamiento y carentes de creatividad?
6. El empleo de la plataforma BIM, por individuos hábiles en su operación, pero carentes de teoría, preparación profesional profunda y experiencia en el mundo de diseño, ¿podría generar arquitectos express, es decir, pseudo arquitectos?

ANEXO C

Transcripción de entrevista

Tabla N° 14. 1a PARTE. Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra Arquitectos (28 de marzo 2018)

PREGUNTAS	RESPUESTAS TALLER RIVADENEYRA ARQUITECTOS		
AUTORA	Director General FUNDADOR	Jefe de Taller 2ª GENERACIÓN	Jefe de producción
Arq. Irma Lozada Rincón	Arq. Alejandro Rivadeneyra	Arq. Andrés Rivadeneyra	Arq. Bruno Corbello
1. ¿Cuáles son las diferencias puntuales que identifica en el proceso proyectual?	<p>Me formé con el empleo de herramientas tradicionales –restirador, escuadras y reglas, hice mi carrera profesional por 20 años sin la asistencia de una computadora, no obstante, con toda naturalidad me he trasladado a la tecnología BIM sin haber utilizado AutoCAD. En el despacho mis colaboradores lo empelaban pero resultaba un proceso poco eficiente, porque la velocidad de respuesta para ver plasmada mi idea proyectual en un dibujo resultaba muy técnico y solo en 2D. En el 3D en AutoCAD, lo que se obtenía, era muy precario al principio. Cosa contraria con el ArchiCAD que permite modelar desde el principio, en un lenguaje muy cercano a lo que se quería transmitir. El cambio fue radical, al grado de emplear un programa de dibujo directamente en iPad, hasta que llego Morpholio⁹³ y abandone la pluma.</p> <p>Aquí la diferencia, es que con esta plataforma, se le presenta al cliente que se le trabaja, algo que entiende, un modelo en 3D, muy cercano a la realidad en la que el transita y lleva su vida. Lo cual antes se hacía con una perspectiva que implicaba mucho tiempo y dinero. Ahora, la inmediatez es la diferencia. El cliente puede tener una experiencia a través de un modelo digital muy cercano a lo que va a ser el resultado final.</p> <p>Desde las primeras intenciones proyectuales, ya se está interactuando con la plataforma. Yo me involucro en la solución del diseño hasta el último detalle con un modelo arquitectónico, opuesto al AutoCAD donde se partía de la abstracción del corte, la fachada y la planta, para después pasar al modelo; aquí es al revés, porque realmente se construye el modelo y donde la forma de pensamiento es mucho más natural.</p>	<p>Una diferencia definitivamente es el tiempo de ejecución. Hemos cambiado las etapas del proceso, desde el principio es utilizando el modelo BIM, aplicado incluso en una etapa conceptual previa al ante proyecto. Se empieza por conocer el programa del cliente, el taller lo refina, para dar la pauta a la siguiente etapa, que llamamos layout⁹⁴, donde el Director General vacía el programa arquitectónico en croquis digitales-elaborados en un iPad-, y yo procedo a hacer un croquis 3D a partir de eso, que se convierte en un primer modelo en Archicad, donde se expresa materialidad, intenciones de amueblado, información muy avanzada empleada en la etapa preliminar y que se mantiene hasta el final -proyecto As Built-⁹⁵. Entonces desde el proyecto conceptual tenemos un modelo, lo que es muy importante por la comunicación visual que se establece con el cliente. Nos apoyamos en BIMx⁹⁶, donde se puede ver la relación entre las plantas y los cortes con el espacio tridimensional. Toda esta información se comparte con el cliente, para que entienda el proyecto. Con todo esto quiero puntualizar que las diferencias son las dos grandes virtudes de BIM, una es la velocidad con la que se llega a obtener la información y la otra es que los modelos se vean como van a quedar en el proyecto, por lo que se trabaja mucho en el detalle del modelo virtual. El resultado ha sido eficiencia y precisión.</p> <p>Con esta plataforma sabemos exactamente que se va a necesitar como se va a ver e intervenir anticipadamente, no hay divergencia entre el proyecto y la obra. Hasta que se entregan las llaves al cliente el proyecto está vivo. Los modelos son tan reales como las casas que se hacen.</p>	<p>El AutoCAD, es una manera virtual de reglas y restirador digital, se procede igual que con las herramientas tradicionales pero de manera digital, mientras que el BIM es toda una metodología, que le cuesta más trabajo dominar a la mayoría de la gente involucrada en el medio del diseño y la construcción cuando no la ha utilizado.</p>

Fuente: Tabla estructurada por la autora, como resultado de la entrevista sostenida con el Taller Rivadeneyra Arquitectos (abril 2018)

⁹³ Grupo de aplicaciones que reinventan procesos creativos para arquitectos, diseñadores, artistas, fotógrafos y curiosos autodidactas, una nueva App que transforma cualquier tableta iPad en un dispositivo de realidad aumentada que permite diseñar encima del espacio existente. Disponible en: <http://www.disup.com/morpholio-trace-app-para-arquitectos-trazos-con-realidad-aumentada/> Consultada el 10 de abril 2018

⁹⁴ Es un término de la lengua inglesa que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). ... La noción de layout suele utilizarse para nombrar al esquema de distribución de los elementos dentro un diseño. Disponible en: <https://definicion.de/layout/> Consultado el 10 de abril 2018

⁹⁵ El Proyecto As-Built o Proyecto conforme a obra es el proyecto de ingeniería referido a los planos, cálculos y descripciones de las actualizaciones que reflejan la adaptación del Proyecto de Ejecución a la realidad de la obra, a los cambios pedidos durante el transcurso de la misma y en definitiva, como se construyó finalmente el edificio, local o nave en cuestión. Disponible en: <http://dipingeneria.com/proyecto-ingenieria/as-built/> Consultado el 10 de abril 2018

⁹⁶ Herramienta que cuenta con la tecnología de Hyper-modelo, una tecnología única para una navegación integrada dentro del proyecto de construcción en 2D y 3D. BIMx ayudó a cerrar la brecha entre el estudio de diseño y el emplazamiento de la obra. Disponible en: <http://www.graphisoft.mx/bimx/> Consultado el 10 el abril 2018

Tabla N° 15. 2a PARTE. Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra (28 de marzo 2018)

PREGUNTAS	RESPUESTAS DESPACHO RIVADENEYRA ARQUITECTOS		
AUTORA	Director General FUNDADOR	Jefe de Taller 2ª GENERACIÓN	Jefe de producción
Arq. Irma Lozada Rincón (A-ILR)	Arq. Alejandro Rivadeneyra (DG-AR)	Arq. Andrés Rivadeneyra (JT-AR)	Arq. Bruno Corbello (JP-BC)
<p>2.En su opinión, el empleo de las nuevas herramientas tecnológicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Potencializa su creatividad? • ¿Le permiten aproximarse más a la idea primigenia que formula en su cerebro? 	<p>Si, desde luego, lo primero que viene a mi mente con esa pregunta, es la capacidad de hacer, la plataforma BIM catapulta las capacidades, empezando con cosas tan elementales como el dibujo. Si hablamos del dibujo tradicional, yo en algún momento abandone el dibujo con lápiz, para hacerlo con la pluma, sin trazo previo, hoy Morpholio, que es la plataforma con la que dibujo, me permite el mismo proceso, pero ahora en capas de papel virtual, en donde siempre puedo tener la secuencia de cómo voy dibujando, lo que ha resultado para mí un proceso como mágico y súper práctico, puedo ir a la capa anterior y afinar los detalles de manera exponencialmente más rápido en comparación al papel, lo cual no solo concreta, sino que potencializa en definitiva el resultado al que quiero llegar en esa idea inicial. La rapidez con las que se pueden emitir cambios que mejoren el proyecto es increíble, porque se hace en un modelo virtual en el que todo el grupo de diseño (3 o 4 arquitectos) interactuamos en un mismo modelo. Una connotación que creo que es importante a cualquier escala de proyecto, son los temas de materialidad y sistema constructivo, que forman parte integral de la primera idea, que además, se refleja como el hilo conductor en el primer croquis conceptual que se formula, lo que permite llevar la idea original desde el modelo virtual hasta el modelo real.</p>	<p>Con el empleo de la plataforma BIM, de entrada le queda más tiempo al arquitecto para ser creativo. El proceso permite vivir en la frontera que prevalece entre lo análogo y lo digital. El empleo del Morpholio, es un dibujo a mano que vive en un mundo digital y compartiéndolo del iPad a la computadora para trabajarlo en ArchiCad, siendo instantánea la comunicación, ya que todo vive en este ecosistema virtual digital. Aquí, la dinámica de trabajo que ofrece la herramienta digital es que te permite explorar y trabajar la idea base, hasta el último detalle, conservándola y concretándola, por lo que las diferencias entre la idea de origen y el resultado final, son mínimas. La plataforma permite ampliar la capacidad de exploración de la primera idea y concretarla al cien por ciento. "Trabajar las ideas que originalmente surgen, llevándolas del croquis y al modelo digital 3D, dentro de la plataforma BIM, permite mantenerlas hasta el final del proceso, además de alimentarlas sin perderlas en el camino. Esto se puede demostrar tan solo con observar cómo llevamos nosotros el proceso de un proyecto desde el inicio hasta que el proyecto se construye."</p>	
<p>3.¿Cuáles son las debilidades y fortalezas que visualiza con el empleo de BIM en la fase temprana del diseño en comparación con las herramientas tradicionales?</p>	<p>Como fortalezas de la plataforma esta lo que ya platicamos, la comunicación, la inmediatez en la que se le da respuesta a un proyecto, la cercanía a la que aspiramos y logramos entre la idea y lo que se concreta. Bruno, es quien podría explicar mejor esto porque él es nuestro líder de proyecto en el taller, en la cuestión técnica él te puede dar respuesta a esta pregunta. Lo que yo puedo señalar es que a diferencia del AutoCAD por el tiempo que estuvo vigente permeo a todos los arquitectos, pero hoy en día, difícilmente todas las firmas de ingeniería y arquitectura emplean BIM, que no es propiamente un problema de la plataforma, aquí el inconveniente es la no adopción de esta forma de trabajo, los despachos aun no lo ven como algo indispensable, otras tantas reconocen su eficiencia pero aún no están dispuestos a realizar la inversión que esta representa o hacer el cambio porque representa, tiempo, dinero y capacitación.</p>	<p>El problema está asociado al tiempo que lleva BIM en el escenario y los costos que implica su implementación, es decir, es la resistencia a invertir en equipo, comprar las respectivas licencias, capacitar a la gente para el empleo de la plataforma digital y que se logren homologar criterios, para que se pueda trabajar e intercambiar información dentro de la plataforma con otros despachos en proyectos más complejos. Los estándares de su empleo deben estar bien protocolizados para que se haga lo suficientemente flexible y permita incorporar en BIM los softwares de las diferentes empresas y no se privilegie solo a una. Por ello resulta importante el formato IFC, pues es el punto de convergencia que admite archivos de las diferentes compañías.</p>	<p>En definitiva la plataforma BIM, es un salto muy complejo que puede llegar a ser, en el sentido de la curva de aprendizaje, más difícil para las personas que no la usan. Esto porque implica aprender cómo se genera, maneja, comparte, difunde y se almacena la información, además de entender cómo se coordinan las diferentes áreas. En conclusión, la debilidad radica en que hay que incorporarse a una manera de trabajar y para lograrlo hay que cambiar la manera de pensar y asimilar todas las herramientas que la plataforma tiene, por lo que la capacitación para involucrarse resulta un reto que implica destinar tiempo. Y hablando de México, otra debilidad es la falta de un estándar. Pocos despachos la manejan. Cuando se tiene que involucrar a muchas personas, la barrera es la falta de gente que domine BIM.</p>

Fuente: Tabla estructurada por la autora, como resultado de la entrevista sostenida con el Taller Rivadeneyra Arquitectos (abril 2018)

Tabla N° 16. 3a PARTE. Transcripción de entrevista con integrantes del Taller Rivadeneyra (28 de marzo 2018)

PREGUNTAS	RESPUESTAS DESPACHO RIVADENEYRA ARQUITECTOS		
AUTORA	Director General FUNDADOR	Jefe de Taller 2ª GENERACIÓN	Jefe de producción
Arq. Irma Lozada Rincón (A-ILR)	Arq. Alejandro Rivadeneyra (DG-AR)	Arq. Andrés Rivadeneyra (JT-AR)	Arq. Bruno Corbello (JP-BC)
4. De acuerdo con su experiencia, la simbiosis hombre-máquina, ¿permite o no mejores resultados en materia de diseño?	Desde luego que permite mejores resultados en el diseño, desde el momento en que puedes profundizar en la propuesta arquitectónica a tal grado, que se detectan errores y se implementan mejoras. Nuestro estudio -después de 30 años que lleva operando- hoy puede ofrecer a sus clientes el cumplimiento del cien por ciento de lo presupuestado y los tiempos que se establecen, garantizando la realización literal de lo diseñado. Esto, genera no solo un buen resultado en materia de diseño, también brinda un altísimo grado de confiabilidad en cuanto a los que ofrecemos a nuestra clientela y somos capaces de lograr a partir de esta nueva plataforma tecnológica.		
5. En función de su experiencia, las herramientas tecnológicas actuales: ¿Estarán permitiendo que la mente del diseñador se expanda y dé más y mejores resultados? O por el contrario: ¿Qué estas herramientas sean facilitadoras de soluciones y propicien entes flojos de pensamiento y carentes de creatividad?	Estas herramientas digitales, catapultan el pensamiento del diseñador y generan muchas más posibilidades de creatividad y en todos sentidos. Esto no significa como siempre ha sucedido que cualquiera sea capaz de desarrollar un buen proyecto arquitectónico por el solo hecho de contar con la tecnología BIM. Siempre será necesario contar con el talento y conocimiento que otorga una sólida formación profesional y la experiencia que se adquiere con los años.		
6. El empleo de la plataforma BIM, por individuos hábiles en su operación, pero carentes de teoría, preparación profesional profunda y experiencia en el mundo de diseño, ¿Podría generar arquitectos express, es decir, pseudo arquitectos?	Respecto a esta pregunta, es muy claro que el arquitecto debe tener una formación con todo el rigor que la disciplina exige, incluso, no basta con la formación universitaria, además, se necesita de años en el ejercicio de la profesión. No por el hecho de que alguien pueda emplear y manejar a la perfección cualquier herramienta manual o tecnológica, se puede adjudicar este título. Por otra parte, incluso cualquier toma de decisión en el proceso de diseño arquitectónico, involucra conocimiento formal y profundo, sin importar la herramienta tecnológica que sea empleada. Dudo mucho que el empleo de BIM sea motivo para pensar en pseudo arquitectos.		

Fuente: Tabla estructurada por la autora, como resultado de la entrevista sostenida con el Taller Rivadeneyra Arquitectos (abril 2018)

ANEXO D
Diario de campo

Instrumento de recopilación de ideas, conceptos, expresiones, comentarios, etc., respecto a lo que implica en empleo de BIM en etapas tempranas del proceso proyectual, que llevó a lo largo de los dos años que duró la investigación.

Tabla N° 17. Diario de campo sobre concepción de BIM. Periodo 2017-1

Año	Mes	N° opiniones	CONCEPTOS Opiniones sobre BIM	Docente			Alumno			AEC	
				Licenciatura	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Iniciativa privada	Sector público
2017-1	Agosto	1	Herramienta de representación arquitectónica			X		X			
		2	Software para maquillar planos		X		X				
		3	Sirve para hacer renders	X			X				
	Septiembre	4	Reemplaza a CAD		X		X				
		5	Va a sustituir al arquitecto	X							
		6	Es un software como el AutoCAD		X						
		7	Es una metodología de trabajo			X				X	
		8	Consiste en un grupo de programas de cómputo que se complementan						X	X	
	Octubre	9	Software que está de moda	X			X				
		10	Sirve para dibujar en 3D				X				
		11	Permite hacer fotorealismo con 3D MAX				X				
		12	Elimina la creatividad porque el programa lo resuelve todo	X	X			X			
	Noviembre	13	Solo sirve para abatir costos en la obra		X						
		14	No es eficiente para hacer el presupuesto, lo acabe haciendo con OPUS					X			
		15	Abate costos en la obra porque se detectan imprevistos.							X	X
		16	Es hablar de trabajo colaborativo y de otras dinámicas de pensamiento		X				X		
	Diciembre	17	CAD es más fácil, ya estoy familiarizado, y ese nuevo programa es difícil de utilizar			X		X		X	
		18	A mi edad es demasiada tecnología para aprenderla			X					X
		19	Es un programa más versátil que el CAD	X							
		20	El único beneficio es que genera ahorros de tiempo y dinero		X			X			X
		21	Se puede hacer lo mismo que en AutoCAD pero es más rápido	X			X				
	Enero	22	No había escuchado de esa tecnología, supongo que es como el AutoCAD				X				
		23	Muy pocos despachos están dispuestos a emigrar a ese software, es muy caro								X

Fuente: Estructurada por la autora en julio 2018, a partir de la información recopilada de 2016-2018

Tabla N° 18. Diario de campo sobre concepción de BIM. Periodo 2017-2

Periodo	Mes	N° opiniones	CONCEPTOS Opiniones sobre BIM	Docente			Alumno			AEC	
				Licenciatura	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Iniciativa privada	Sector público
2017 - 2	Febrero	1	Las compañías que lo venden aseguran que resuelve todo, entonces ¿el arquitecto será remplazado por un programa de cómputo?	X				X			
		2	Para que invertir tiempo y dinero en un programa que pierde vigencia		X						X
		3	Es preferible seguir con los programas que ya se manejan, finalmente hacen lo mismo.	X						X	
		4	No creo que se pueda utilizar BIM para mejorar un diseño.		X						X
		5	Si la computadora lo soluciona toda ya para que se estudia arquitectura	X							
	Marzo	6	Esta herramienta Implica una inversión muy fuerte de dinero en equipo programas y capacitación que no se recupera rápido							X	
		7	Impacta en la velocidad a la que se ejecuta el trabajo			X				X	
		8	Mejoran la coordinación de los que intervienen						X	X	
		9	Está cambiando la manera de pensar y hacer	X				X			
		10	Este software vino a revolucionar la manera como se trabaja, ahora ya puedes interactuar con el modelo desde cualquier parte del mundo en tiempo real.							X	
	Abril	11	De qué sirve implementar BIM en tu despacho si no hay compatibilidad con los programas que tienen las dependencias de gobierno y acabas pasando todo a CAD, es doble trabajo.							X	
		12	Es una tecnología de vanguardia	X				X			
	Mayo	13	Se pierde mucho tiempo aprendiendo un programa.		X						X
		14	Prefiero trabajar a lápiz y papel lo resultados son mejores y ya que luego alguien capture lo que diseñe							X	
		15	La calidad de proyecto que se obtiene dibujando a mano jamás se lograra con una computadora.	X							X
	Junio	16	La computadora solo está haciendo más flojo al arquitecto.		X				X		
		17	Los programas de computación no están en el pensamiento del arquitecto, hay que arrastrar el lápiz para obtener un buen proyecto	X					X		X
		18	Me forme dibujando a mano, pero el programa me permite ir más allá de lo que imagino			X				X	
	Julio	19	Debe haber apertura de pensamiento para sacarle el mayor provecho a todo lo que la tecnología nos ofrece en la actualidad, pero es cuestión de darse la oportunidad.			X					
		20	Implica un reto mayor para los que nos formamos a lápiz y escuadra,	X				X			X
		21	Se necesita estar convencido de las fortalezas que BIM le brinda a uno para en el desarrollo de un proyecto, para animarse a migrar a esta metodología de trabajo y sacarle todo el provecho, yo aún no tengo claro cómo puede apoyar en mi proceso proyectual y mejorarlo, pero estoy en la exploración. Por el momento es increíble la velocidad a la que se obtiene un objeto tridimensional							X	

Fuente: Estructurada por la autora en julio 2018, a partir de la información recopilada de 2016-2018

Tabla N° 19. Diario de campo sobre concepción de BIM. Periodo 2018-1

Periodo	Mes	N° opiniones	Opiniones sobre BIM	Docente			Alumno			AEC		
				Licenciatura	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Iniciativa privada	Sector público	
2018 - 1	Agosto	1	Para lo que sirve eficientemente es para sacar el proyecto ejecutivo pero no es para diseñar, eso se logra dibujando a mano			X					X	
		2	El arquitecto no puede estar sujeto a lo que la maquina resuelva, porque el proyecto se concibe haciendo diferentes dibujos y analizándolos, eso lo maquina no lo hace.	X								X
	Septiembre	3	No se puede pensar que un programa de cómputo, sea capaz de hacerlo todo.	X							X	
		4	Después ya no se necesitará de arquitectos, pues todo se le está dejando a la máquina.				X				X	
		5	En un futuro ya no se estudiará arquitectura, basta que se sepa manipular un programa, se pueden lograr resultados impactantes.				X					
		6	Si seguimos incorporando cuanto programa de computo sale al mercado, en la formación universitaria, en las próximas generaciones, estaremos obteniendo pseudo arquitectos incapaces de resolver por sí mismos ningún problema arquitectónico	X								
		7	El empleo de la tecnología no demerita lo que los arquitectos hacen, pues se complementan, la máquina no reemplaza al ente pensante; solo le da nuevas alternativas para tomar mejores decisiones.			X		X				
		8	Es un estupendo aliado por el abatimiento de tiempo, ya que el ritmo al que hoy se trabaja demanda del empleo de esta metodología de trabajo.						X	X		
	Octubre	9	Permite coordinar los procesos de trabajo de manera eficiente			X					X	
		10	Facilita los trabajos de arquitectura antes durante y después					X				
		11	Es una realidad que sirve para ahorrar recursos									X
		12	Solo tiene pertinencia su empleo en obras de gran magnitud	X				X				
	Noviembre	13	Se puede controlar muy bien la obra		X							
		14	Es necesario tener presente que su empleo conlleva a nuevas formas de atacar un problema					X				
		15	Software que detectan imprevistos.	X								X
	Diciembre	16	La formación de arquitecto como lo conocemos tiende a desaparecer, pues se tiene que adecuar a procesos diferentes		X					X		
		17	Las nuevas generaciones tiene más facilidad para adoptar los nuevos procesos de trabajo, pues están inmersos en ellos, BIM les hace más fácil el desarrollo de un proyecto.	X							X	
		18	Me facilita la visualización de lo que quiero lograr				X					
	Enero	20	De entrada caro y difícil de entender cuando se está acostumbrado a otros entornos pero cuando le encuentras las bondades, te quedas utilizando								X	
			Es muy complicado de utilizarla la nueva tecnología, es más certero el dibujo a mano pues puedes colocar cuantos papel necesites uno sobre de otro para sacar un proyecto, pasarlo a CAD o a cualquier otro programa solo es para maquillar lo que se diseñó a mano	X								

Fuente: Estructurada por la autora en julio 2018, a partir de la información recopilada de 2016-2018

Tabla N° 20. Diario de campo sobre concepción de BIM. Periodo 2018-2

Periodo	Mes	N° opiniones	CONCEPTOS Opiniones sobre BIM	Docente			Alumno			AEC	
				Licenciatura	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Maestría	Doctorado	Iniciativa privada	Sector público
2018 - 2	Febrero	1	Se puede hacer lo mismo que en AutoCAD pero es más rápido	X			X				
		2	Es una plataforma que requiere de actualización constante, es cara, dudo que se generalice su uso, seguiremos con CAD							X	
		3	La plataforma amplía la gama de posibilidades en términos de la exploración del modelado de información			X				X	
		4	Desde el momento en que se visualizan resultados de manera inmediata es viable pensar que al arquitecto le permite más tiempo para explorar las alternativas y ser más creativo							X	
		5	BIM es un menú, en el que no se puede diseñar porque ya todo está predeterminado, entonces no entiendo cómo puede ser un aliado para mejorar un diseño arquitectónico.		X						
	Marzo	6	La fuerte inversión que significa migrara a la plataforma BIM, es lo que ha frenado su expansión en México							X	
		7	BIM ofrece un panorama integral de toda la obra arquitectónica desde su inicio hasta el final y puede aplicarse aun después de terminada para otorgar mantenimiento			X					X
		8	Todos los involucrados se coordinan de manera eficiente durante el desarrollo del proyecto, pero se requiere que todos los participantes tengan el dominio para el intercambio de información y realizar los cambios en tiempo real.					X		X	
		9	Ya no es posible dejar de lado lo que la tecnología contemporánea ofrece, pero ¿cuantos están dispuestos a asumirla y apicararla? ¿Será que los mexicanos por naturaleza no sabemos trabajar en términos de trabajo colaborativo y por eso el rechazo hacia la plataforma?		X						
		10	El manejo de la plataforma, conduce a todo un equipo de trabajo a modificar radicalmente la manera de atacar un proyecto							X	
	Abril	11	Es una herramienta digital que te permite estar en contacto directo e instantáneo con quienes trabajan dentro de ese ecosistema							X	
		12	Hay que asumir que se debe estar actualizado, con la construcción del Aeropuerto de la CDMX, se desencadenó el boom de BIM en México, eso dará la pauta para que muchos se involucren.	X							X
	Mayo	13	Es una plataforma que requiere de estar al pendiente de las actualizaciones e informarse de los complementos que van surgiendo para obtener los resultados deseados		X			X			
		14	A nivel de formación universitaria no se debe dejar de trabajar de manera tradicional y ya más adelante involucrar al alumno con la tecnología que quiera.	X							
	Junio	15	La calidad de un proyecto ejecutado con BIM no se demerita, finalmente debió existir quien los concibió, pues la máquina no trabaja sola, solo busca un mayor número de posibilidades		X		X				
		16	Las opciones que se pueden obtener con BIM, rebasa lo que por medios tradicionales se podría obtener			X					
		17	BIM es impredecible pues se reinventa en la medida que surgen nuevos retos			X					

Fuente: Estructurada por la autora en julio 2018, a partir de la información recopilada de 2016-201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

Glosario de términos

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Actitud: comportamiento que emplea un individuo para hacer las labores. En este sentido, se puede decir que es su forma de ser o el comportamiento de actuar, también puede considerarse como cierta forma de carácter, por tanto, secundario, frente a la motivación biológica, de tipo primario que impulsa y orienta la acción hacia determinados objetivos y metas. La actitud es la predisposición aprendida a responder de un modo consistente a un objeto social.

Aedificatoria: En castellano: El arte de edificar

Alpha Go: Programa informático de inteligencia artificial desarrollado por Google DeepMind para jugar al juego de mesa Go.

Aptitud: habilidad o postura que posee una persona o cosa para efectuar una determinada actividad o la capacidad y destreza que se tiene para el desarrollo y buen desempeño de un negocio, industria, arte, deporte, entre otros. El término aptitud puede aplicarse en diferentes entornos en los cuales se desarrolla el ser humano, tanto en los que se involucran las capacidades cognitivas, como físicas, biológicas, laborales, analíticas, entre otros.

ArchiCAD: software CAD de modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling) disponible para sistemas operativos Macintosh y Windows. Permite al usuario un diseño paramétrico de los elementos, con un banco de datos que contiene el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación.

AutoCAD: software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a diseño asistido por computadora (por sus siglas en inglés Computer Assisted Design), teniendo su primera aparición en 1982.

Arquitectura virtual: aquel universo de objetos construidos, visualizados, accedidos, manipulados y utilizados tridimensionalmente, con propósito arquitectónico y permanencia con derecho propio, en un ámbito digital informático que les confiere su condición de virtualidad, al ser esta activada dentro o fuera de línea.

B

BIM-Building Information Modeling: también llamado modelado de información para la edificación, es una plataforma de generación y gestión de datos del edificio durante todo su ciclo de vida, en cual participan diversos softwares y plugin dinámicos que son compatibles entre sí y que se complementan para solución integral del modelo tridimensional en tiempo real. Optimiza los resultados en el proceso de diseño y disminuye la pérdida de tiempo y la detección temprana de interferencias desde el modelo digital de todas las ingenierías que intervienen. Conlleva al trabajo colaborativo e integral abarcando desde la geometría del edificio, las relaciones espaciales la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de lo componente del edificio.

Brainstorming: Es una palabra del inglés que significa 'lluvia de ideas'. Esta expresión, como tal, se forma a partir de la unión de las palabras brain, que significa

‘cerebro’, y storm, que traduce ‘tempestad’ o ‘tormenta’. Aportación de ideas que varias personas ponen en común como punto de partida para un proyecto.

C

Cognitivo: Capacidad de los seres vivos para elaborar información que se procesa a partir de la percepción por parte de los sentidos, la experiencia y subjetividad desde la que se califica la información.

Creatividad: capacidad de generar nuevas ideas o conceptos, de nuevas asociaciones entre ideas y conceptos conocidos, que habitualmente producen soluciones originales. La creatividad es sinónimo del "pensamiento original", la "imaginación constructiva", el "pensamiento divergente" o el "pensamiento creativo". La creatividad es una habilidad típica de la cognición humana, presente también hasta cierto punto en algunos primates superiores. La creatividad engloba varios procesos mentales entrelazados que no han sido completamente descifrados por la fisiología

D

Deepmind: Google DeepMind es una compañía de inteligencia artificial inglesa. Creada en 2010 como DeepMind Technologies, fue adquirida por Google en 2014

Diario de campo: instrumento utilizado por los investigadores para registrar aquellos hechos que son susceptibles de ser interpretados. En este sentido, el diario de campo es una herramienta que permite sistematizar las experiencias para luego analizar los resultados.

Diseño generativo: proceso de búsqueda de formas que puede imitar el enfoque evolutivo de la naturaleza para el diseño. Puede comenzar con objetivos de diseño y luego explorar innumerables posibles permutaciones de una solución para encontrar la mejor opción. Mediante el uso de la computación en la nube, el diseño generativo puede recorrer miles o incluso millones de opciones de diseño, probar configuraciones y aprender de cada iteración qué funciona y qué no. El proceso puede permitir a los diseñadores generar nuevas opciones, más allá de lo que un humano solo podría crear, para llegar a un diseño eficaz.

Diseño intuitivo: La intuición es, según el diccionario de la RAE, ‘la facultad de comprender las cosas instantáneamente, sin necesidad de razonamiento’. Así, un buen diseño o un diseño intuitivo es de alguna manera, capaz de hacernos comprender su dinámica o funcionamiento de forma inmediata. Incluye, como dice John Maeda, «un sentido de familiaridad».

Diseño paramétrico: proceso de diseño basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante. El diseño paramétrico es un paradigma de diseño en el cual la relación entre los elementos se utiliza para manipular y comunicar el diseño de geometrías y estructuras complejas. El término "paramétrico" proviene de las matemáticas y se refiere al uso de parámetros o variables que permiten manipular o alterar el resultado final de una ecuación o sistema.

Dispositivo móvil: también conocido como computadora de bolsillo o computadora de mano (palmtop o handheld), es un tipo de computadora de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, con conexión a Internet, con memoria, diseñado específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales. Se consideran dispositivos móviles los siguientes: teléfonos inteligentes y tabletas, relojes inteligentes, agendas digitales, calculadoras, cámaras fotográficas y de video digitales, tarjetas inteligentes, etc.

Dynamo: Programa de scrips visuales que permite crear algoritmos personalizados a fin de procesar datos y generar geometrías. Para entendernos, Dynamo nos permite “programar” mediante la utilización de elementos visuales, “nodos” en vez de usar las típicas líneas de código.

E

Eficiencia: (del latín *efficientia*) f, Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto terminado.

Eidéticas: De acuerdo con la real academia española, el término que se refiere a la esencia, aquello que guarda relación con los conocimientos. Se trata de un término de origen griego (formado a partir de *eidos*, o sea “forma”) que se emplea en el ámbito filosófico para describir lo relacionado a la esencia. Por lo tanto, puede decirse que lo eidético es un concepto opuesto a lo fáctico y a lo sensible. Además, la palabra eidético puede ser usada como adjetivo con el fin de señalar a un sujeto que posee la capacidad de visualizar situaciones u objetos.

Entregables: Entiéndase por el término entregable: cualquier producto medible y verificable que se elabora para completar un proyecto o parte de un proyecto. En el ámbito de la arquitectura esto hace referencia a lo que se entregará para concretar un proyecto, que bien pueden ser los paquetes de planos: arquitectónicos y de todas las ingenierías (estructuras, instalaciones eléctricas, hidrosanitaria, especiales, etc.), memorias descriptivas o técnicas, recorridos virtuales, renders, maqueta digital, entre otros.

Enscape: Plug-in compatible con el entorno de Revit, Archicad y otros, para el realizar recorridos virtuales en un proyecto arquitectónico.

Episteme: Saber construido metodológica y racionalmente, en oposición a opiniones que carecen de fundamento.

G

Generativo: Que tiene capacidad de engendrar

H

Hardware: incluye todas las partes tangibles de un sistema informático, sus componentes son: eléctricos, electromecánicos y mecánicos, tales como cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado.

Heurístico: Término entendido como la disciplina, el arte o la ciencia del descubrimiento.

Hipervínculo: en el entorno de la computación es aquella referencia o elemento de navegación que permite pasar de un documento electrónico a otro o a diferentes partes del mismo documento. El hipervínculo es conocido como una de las partes más importantes y esenciales de la red de Internet. Sin embargo, son muchos los medios y los soportes electrónicos que pueden utilizarlo por fuera de ella.

Homo Faber: Locución latina que significa "el hombre que hace o fabrica". Se usa en contraposición a *Homo sapiens*, la denominación biológica de la especie humana, locución también latina que significa "el hombre que sabe".

Homo sapiens: Del latín, *homo* ‘hombre’ y *sapiens* ‘sabio’, es una especie del orden de los primates perteneciente a la familia de los homínidos.

I

Ideario: al conjunto de las ideas más importantes de un movimiento, una escuela o un autor. Se trata del repertorio de principios o máximas que constituyen la base de un determinado modo de pensar.

Input: Todo lo que el mundo exterior proporciona a un sistema, en particular a un ordenador, que puede consistir en señales, datos o programas.

Interfaz: Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes, se ha adaptado al español en la forma interfase. Concepto entendido como la zona de comunicación o acción de un sistema sobre otro.

Interoperabilidad: capacidad que tiene un producto o un sistema, cuyas interfaces son totalmente conocidas, para funcionar con otros productos o sistemas existentes o futuros y eso sin restricción de acceso o de implementación.

L

Layout: Organización de los espacios en planta haciéndolos lógicos, funcionales y fáciles de reconocer por el cliente. En el ámbito de diseño también es corresponde a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un diseño en particular, con el fin de presentarle dicho esquema a un cliente para venderle la idea, y luego de llegar a un acuerdo y aceptar la idea, poder realizar el trabajo final en base a este bosquejo.

Lumion: Híbrido entre “entorno de modelado 3D, motor de Renderizado, que sirve para el modelado de entornos

M

Memorándum: Informe en que se recopilan hechos y razones que deben tenerse en cuenta en un determinado asunto.

Mechanical, Electrical and Plumbing (MEP): en por sus siglas en español: Mecánico, Eléctrico y Plomería. La plataforma que incluye esta sigla está orientada al desarrollo de las instalaciones (climatización, proyecto sanitario, proyecto eléctrico, proyecto hidráulico, etc.) de manera que su fuerte será la parametrización de los diferentes componentes que la conforman.

Morfolio: Grupo de aplicaciones que reinventan procesos creativos para arquitectos, diseñadores, artistas, fotógrafos y curiosos autodidactas, una nueva App que transforma cualquier tableta iPad en un dispositivo de realidad aumentada que permite diseñar encima del espacio existente

N

Navegar por la red: Llamamos navegar por la red, a la acción de visitar o pedir páginas del tipo web en nuestro ordenador. Sabemos que necesitamos una aplicación que entienda el protocolo http como pueden ser el Internet Explorer de Microsoft o el Communicator de NetScape.

O

Operai: De acuerdo con el diccionario italiano-español e bab.la, significa trabajadores.

Output: Concepto de la lengua inglesa que ha sido incluido en el diccionario de la Real Academia Española. El término es de uso frecuente en el ámbito de la informática para referirse a los datos resultantes de un proceso.

P

Paradigma: se utiliza comúnmente como sinónimo de “ejemplo” o para hacer referencia en caso de algo que se toma como “modelo”. En principio se tenía en cuenta en el campo, tema, ámbito, entre dos personalidades u otros..., gramatical (para definir su uso en un cierto contexto) y se valoraba desde la retórica (para hacer mención a una parábola o fábula). A partir de la década de 1960, los alcances de la noción se ampliaron y paradigma comenzó a ser un término común en el vocabulario científico y en expresiones etimológicas cuando se hacía necesario hablar de modelos de conocimiento aceptados por las comunidades científicas.

Parámetro: Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

Per se: Locución latina per se, su significado es 'por sí' o 'por sí mismo'.

Planos As-Build: Son los planos definitivos de obra una vez que ésta ha concluido su etapa de edificación, es decir, son los últimos planos de la obra en los que aparecen todos los cambios que hayan ocurrido a lo largo de toda la ejecución de las distintas etapas. En conclusión son planos finales actualizados que permiten en lo sucesivo localizar todas y cada una de las instalaciones y sistemas implementados en la construcción y auxilian eficazmente en el mantenimiento.

Plug-in: Aplicación que en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software, en términos del idioma español puede nombrarse al plug-in como un complemento

Post factum: Expresión latina, traducible al español como "posterior al hecho".

Potencializar: Dar potencia, vigor o fuerza, llevar a otro nivel a una cosa una idea, o incrementar la que ya tiene.

Procedural: Metodología que hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica.

R

Render: En español Renderizado, es un término usado en la jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen desde un modelo. Este término técnico es utilizado por los animadores o productores audiovisuales y en programas de diseño 3D, en términos de visualizaciones en una computadora, más específicamente en 3D, la Renderización es un proceso de cálculo complejo desarrollado por un ordenador destinado a generar una imagen 2 D a partir de una escena 3D. La traducción fidedigna es interpretación, aunque se suele usar el término en inglés. Por lo tanto, en el proceso de renderización la computadora interpreta la escena en tres dimensiones y la plasma en una imagen bidimensional.

Revit: software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bi-direccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

S

Software: es el equipamiento y soporte lógico de un sistema informático, comprende el conjunto de los componentes necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, que incluyen, en términos generales, las aplicaciones informáticas; tales como procesador de texto, el software de sistema, tal como el sistema operativo, que, básicamente, permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando también la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, y proporciona una interfaz al usuario.

Soporte técnico: rango de servicios por medio del cual se proporciona asistencia a los usuarios al tener algún problema al utilizar un producto o servicio, ya sea este el

hardware o software de una computadora de un servidor de Internet, periféricos, artículos electrónicos, maquinaria, o cualquier otro sistema informático.

Storyboard: Organizador gráfico que planea una narrativa son una manera poderosa de presentar visualmente la información; La dirección lineal de las células es perfecta para contar historias, explicar un proceso y mostrar el paso del tiempo. En su núcleo, los storyboards son un conjunto de dibujos secuenciales para contar una historia.

T

Target Value Design: práctica de gestión cuyo objetivo es generar el máximo valor bajo un costo objetivo fijado por debajo del precio del mercado y a la vez un método de mejora continua y reducción de desperdicios. La idea principal del TVD es volver el valor del cliente (criterios de diseño, costo, cronograma y constructabilidad) un conductor del diseño y de este modo reducir el desperdicio y satisfacer o incluso sobrepasar las expectativas del cliente.

Tay: programa informático, que desde cero adquiere su conocimiento conversando con personas a través de Twitter. Todo eso es posible gracias a la inteligencia artificial.

Testimonio: afirmación de algo. El término proviene del latín testimonium y está vinculado a una demostración o evidencia de la veracidad de una cosa.

Trabajo colaborativo: supone poner en común conocimientos, materiales e ideas con la finalidad de compartíroslos, normalmente de forma desinteresada para construir un conocimiento común que se pueda utilizar globalmente. También se define como aquellos procesos intencionales de un grupo para alcanzar objetivos específicos, más que herramientas de dar soporte y facilitar este tipo de aportes. Un ejemplo de esto son las llamadas tecnologías de la información y la comunicación. Este concepto surge a partir de las posibilidades que ofrece Internet para participar en proyectos masivos, lo que se ha convertido en un modo común de trabajo libre.

V

Visualización: es el acto y la consecuencia de visualizar. Este verbo, por su parte, refiere a desarrollar mentalmente la imagen de algo abstracto, a otorgar características visibles a aquello que no se ve o a representar a través de imágenes cuestiones de otra índole. Visualizar es un concepto relacionado con la acción de ver algo. Sin embargo, no se trata de un proceso convencional (un sujeto ve algo a través de su sentido de la vista), sino que se fundamenta en la imaginación y en el pensamiento.

Volitivo: Término que proviene del latín y su traducción está directamente relacionada con el verbo “querer”. La Real Academia Española (RAE) afirma que volitivo es aquello relacionado con los actos y fenómenos de la voluntad.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superiores Aragón
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Programa de Posgrado en Arquitectura



Análisis crítico de la plataforma



Cómo potencializador en los procesos de diseño arquitectónico

Referentes

Bibliográficos y otras fuentes de investigación.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS Y otras fuentes de información

- ACQUISTI A. y Gross, R., (2006) "Imagined Communities: Awareness, Information, Sharing, and Privacy on the Facebook", en Lecture Notes in Computer Science, vol. 4258.
- ALBA, D. (2011) El universo imaginario de Jorn Utzon, Boletín académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. España: Universidad de Coruña Disponible en: <https://issuu.com/mialgar3/docs/13-45-2-pb> Consultado el 2 de marzo 2018.
- ALBA, M., (2013) Manos que piensan. Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto de arquitectura EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica.
- ARGAN, J., (1973) El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días, Argentina: Ediciones, Nueva Visión.
- BHARGAV D et al (2013). Implementing Lean in construction: Lean construction and BIM. CIRIA Publishing.
- BLANCO, R., (2011) Un estudio neuropsicológico del pensamiento humano. Eikasía Revista de filosofía.org, Disponible en <http://docplayer.es/5012753-Un-estudio-neuropsicologico-del-pensamiento-humano-rafael-blanco-menendez-neuropsicologo-oviedo-espana.html> Consultada el 25 de febrero de 2017.
- BONSIEPE, G. (1993) Las siete columnas del Diseño. México: UAM-A.
- BRONOWSKI, J. (1978). The Origins of Knowledge and Imagination. New Haven: Yale University Press.
- BROWN, T. (2008) Design Thinking. Harvard Business Review America Latina, School Publishing. Disponible en https://emprendedoresupa.files.wordpress.com/2010/08/p02_brown-design-thinking.pdf Consultado el 25 marzo de 2008.
- CAMPO, A. (2008) Aprendiendo a pensar. Argentina: Nobuko.
- COLOMA P. (2008). Introducción a la tecnología BIM. (1ª ed.). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya - Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I.

- CRUZ, M. (1969) Lecciones de psicología. España: Revista de Occidente (3ª edición).
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1998) Creatividad el fluir y la psicología del descubrimiento y la invención. España: Paidós.
- DJ Andrews (2016) Simulation and the Design Building Block Approach in the Design of Ships (and Other Complex Systems), Proceedings of the Royal Society: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, Vol 462, No. 2075 (November 2006).
- DORST, K., (2011) The core of 'design thinking' and its application (El núcleo del "pensamiento de diseño" y su aplicación). Faculty of Design, Architecture and Building, University of Technology Sydney. Disponible en: https://www.mindmeister.com/generic_files/get_file/6342018?filetype=attachment_file. Consultado el 18 de enero de 2018.
- EISENSTEIN, E. (1983) The printing revolution in early modern Europe, Cambridge University Press, Cambridge, Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/viewFile/ARIS9999110069A/5947> Consultado el 18 de marzo de 2018.
- ENCUESTA NACIONAL BIM (2016) Resumen de Resultados. Chile. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140341/Encuesta_Nacional_BIM_2016.pdf Consultado el 25 de mayo de 2018.
- FERRATER, M. (1991) Diccionario de filosofía. España: Alianza Editorial
- FLORES, J.J. et al. Compiladores, (2011) Diseño holístico: Creatividad y Holística, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Textos universitarios serie: Extensión.
- FRAMPTON, K. (2010) Intention, Craft, and Rationality, Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture, P Deamer and P Bernstein (eds), Princeton Architectural Press (New Haven).
- FUENTES, G. y Oliver F. (2015) EUBIM Congreso Internacional BIM. Encuentro de usuarios BIM. Editorial Universitat Politècnica de València.
- GOMBRICH, E. (1967) Meditación sobre un caballo de juguete, España: Seix Barral.
- GÓMEZ SENENT, E. (1997) El proyecto. Diseño en ingeniería. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. España.
- GONZÁLEZ, R. (1991) Temas de Psicología Cognitiva, Cedeis, Perú.
- HABERMAS, J. (1992) Ciencia y Ética como "ideología". 2ª edición. España: Tecnos.

- JIMÉNEZ. A (2014) “No es broma, las metodologías BIM viene a sustituir a la forma de trabajar hasta hora” Universidad Autónoma de Madrid, Disponible en <http://www.certificacionpm.com/no-es-broma-la-metodologia-bim-viene-a-sustituir/> Consultado el 9 de mayo de 2018.
- KOESTLER, A. (1964) The act of Creation. London: Arkana Penguin Books.
- LADRIÈRE, J., (1977) El reto de la racionalidad, El reto de la ciencia y la tecnología a los cultivos, Aubier-Unesco, París, repr. inc. Montreal, ed. Liber 200.
- LAUGIER, M. (1753) Essai sur l'architecture. A Paris: Chez Duchesne, rue S, Jacques, au Temple du Goût, Disponible en <https://archive.org/stream/essaisurlarchite00laug#page/n3/mode/2up> Consultado el 26 de julio de 2017.
- M.A. Laugier (2013) La Cabaña Primitiva y algunas derivadas. Publicado el 2013/11/08 por jparquitecte. Disponible en: <http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/> Consultado el 3 de abril de 2017.
- MARX, K., (1973) El capital I. Crítica de la economía política, México [1867]. Fondo de Cultura Económica.
- MARX, C. y Engels F., 1968 [1846] La ideología Alemana. Montevideo: Ediciones Pueblos Unidos.
- MELLES, G., et. al (2012). Teaching design thinking: expanding horizons in design education University of Skövde, School of Business. University of Skövde, Enterprises for the Future. Disponible en: <http://his.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A922607&dswid=3484> Consultado el 10 de enero de 2018.
- MERLEAU-Ponty (1994) Fenomenología de la percepción, Península, España: 3era. Edición.
- MCALLESTER, J. M., (1991). Gastón Bachelard, Subversive Humanist: Texts and Readings. Madison: University of Wisconsin Press.
- MIÑO y Dávila (2016) Vygotski revisitado: Una historia crítica de su contexto y legado. Colección, Mente y Cultura. Editor Anton Yasnitsky.
- MONEDERO, I. (1999) Aplicaciones informáticas en la arquitectura, España: Ediciones UPC.
- MORIN, E., (1998) Introducción al pensamiento complejo. México: Editorial Gedisa.
- MORIN, E., (2005) El paradigma perdido ensayo de bioantropología. México: Editorial Kairós

- ORDÓÑEZ, L., (2007) El desarrollo tecnológico en la historia. ARETÉ Revista de Filosofía, vol. XIX, N° 2, 2007 / ISSN 1016 - 913X. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arete/v19n2/a01v19n2189> Consultado el 17 de mayo 2017.
- PAPANEEK, V. (2014) Diseñar para un mundo real, Ecología humana y cambio social. España: Polen.
- MOKHTAR, F., (2009) La creatividad y las nuevas tecnologías en tiempos de crisis. Encuentros multidisciplinares. Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%BA31/Farid_Mokhtar_Noriega.pdf Consultado el 29 de junio de 2017.
- MORENO G. (2017) Implementación BIM en la etapa de diseño. TYCH, ingeniería & construcción. Disponible en: <https://www.equipu.pe/dinamic/publicacion/adjunto/1488493364BI0k6IIHao.pdf> Consultado el 15 julio 2018.
- MUNTAÑOLA, J. (1974) La arquitectura como lugar, España: Gustavo Gili.
- ORIHUELA, P. et Al (2015). Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in building projects. Creative Construction Conference.
- OVALLE, O. et al (2013) Aproximación teórica al pensamiento de diseño centrado en la innovación y diseño de negocios. XVII Congreso Internacional en Ciencias Administrativas-2013. Disponible en: http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/Aproximaci_n_Te_rica_al_Pensamiento_de_Dise_o_Centrado_en_la_Innovaci_n_y_Dise_o_de_Negocios.pdf Consultado el 17 de mayo 2017.
- PACELLI, L. (2004). Grandes errores en la gestión de proyectos. Leader Summaries. Editorial Financial Times Press.
- PURINI, F., (1984) La arquitectura didáctica. Murcia, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.
- RICKWERT, J., (1975) La casa de Adán en el Paraíso, España: G. Gili.
- RIVAS, L. A., (2007) “Los 10 conceptos básicos para entender la teoría de la complejidad y sus implicaciones en la gestión de las organizaciones”. Instituto Politécnico Nacional - ESCA Santo Tomás. Investigación administrativa julio - diciembre 2007. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Luis_Arturo_Rivas_Tovar/publication/280884419_Los_10_conceptos_basicos_para_entender_la_teor%C3%ADa_de_la_complejidad_y_sus_implicaciones_en_la_gestion_de_las_organizaciones/links/55ca8f7508aeca747d69eaba/Los-10-conceptos-basicos-para-entender-la-teoria-de-la-complejidad-y-sus-implicaciones-en-la-gestion-de-las-organizaciones.pdf. Consultado el 26 de julio 2017.

- RODRÍGUEZ, M., (1993). Manual de creatividad. México: Editorial Trillas.
- ROSSI, A., (1971) Una arquitectura para los museos. In: G. CANELLA et al., Teoría de la Proyección arquitectónica. España: Gustavo Gili.
- RUEDA P. y C. I., (2014) Cuestiones de método creativo metamorfosis y conciencia material en los procesos creativos en arquitectura. Revista de Arquitectura, 16, 58-67. doi: 10.41718/RevArq.2014.16.1.7.
- SANTROK, J., (2001). Psicología de la educación. México: McGraw Hill.
- SEGUÍ, J., (1993). Anotaciones acerca del dibujo en la arquitectura. Expresión gráfica Arquitectónica nº 1.
- SEGOVIA, R. y Pérez, L. (2009) El taller de diseño arquitectónico virtual Revista de Artes y Humanidades UNICA, vol. 10, núm. 2, mayo-agosto. Universidad Católica Cecilio Acosta Maracaibo, Venezuela.
- SEGUÍ, J. (1996) La cultura del proyecto arquitectónico. España: Ed. DIGA.
- SMITH D. y Tardif M. (2009) Modelado de información de construcción: una guía de implementación estratégica para arquitectos, ingenieros, constructores y administradores de activos inmobiliarios. EUA: Wiley.
- SERRANO, C. (2016) La tecnología y la identidad personal y social. Disponible en: <https://www.laprensa.com.ni/2016/05/08/columna-del-dia/2031316-la-tecnologia-y-la-identidad-personal-y-social>. Consultado el 13 de noviembre de 2016.
- SERRANO, E., (1999) La génesis del pensamiento sobre la naturaleza humana, en Dimensión Antropológica, vol. 16, mayo-agosto.
- STEELE, J. (2001) Arquitectura y evolución digital. México: Gustavo Gili.
- TAPSCOTT, D. et al, (2007): WIKINOMICS, La nueva economía de las multitudes inteligentes. España: Paidós.
- TOFFLER, A. y H., (1994) Las guerras del futuro. España: Plaza y Janés.
- TÓMSIC, B. (1999) Una lección de la Historia. El nacimiento del dibujo arquitectónico. Arte, Individuo y Sociedad. Ministerio de Educación de

Eslovenia. ISSN: 1131-5598, disponible en:
<http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/viewFile/ARIS9999110069A/5947> Consultado el 18 de septiembre de 2017.

TRACHANA, A. (2012) Manual o digital. Fundamentos antropológicos del dibujar y construir modelos arquitectónicos. Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA), vol. N°. 19. Disponible en: <https://ojs.upv.es/index.php/EGA/article/view/1381/1404>. Consultado el 26 de abril de 2017.

UNIVERSIDAD de Palermo (2007) Reflexión Académica en Diseño y Comunicación N° VIII, XV Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación 2007: "Experiencias y Propuestas en la Construcción del Estilo Pedagógico en Diseño y Comunicación" Vol. 8, Febrero 2007, Facultad de Diseño y Comunicación - Universidad de Palermo: Argentina.

UNIVERSIDAD Autónoma de México (2003) Apuntes para la asignatura de informática I, Facultad de Contaduría y administración, División del Sistema Universidad Abierta, Fondo Editorial FCA, UNAM: México.

VARGAS S. (2015) Una nueva teoría de la estrategia para el siglo XXI.: Lección inaugural curso académico 2014-2015, Universidad Huelva: uhu.es publicaciones.

VÉLEZ, J. (2010) Arquitectura Virtual: Fronteras. Laboratorio de Técnicas Avanzadas en Diseño Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Central de Venezuela. Disponible en <http://papers.cumincad.org/data/works/att/672b.content.pdf> Consultado el 11 de mayo de 2018.

WALLAS, G., (1926) "Formación mental y crisis mundial (El hombre y sus ideas)", CIC (Cuadernos de Información y Comunicación) ISSN: 1135-799. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/CIYC/article/download/CIYC0505110033A/7292> Consultado el 13 de noviembre de 2016.

YAÑEZ, I, (2012) La eficiencia de los procesos proyectuales BIM in Retail, la implementación en oficina de Retail, Universidad de Chile, Facultad de arquitectura y Urbanismo, Escuela de Arquitectura.

ZUMTHOR, P., (2009) Pensar la arquitectura. España: Gustavo Gil.