



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



ARQUITECTURA VIRTUAL: El Impacto en la Arquitectura de la  
Realidad Virtual en las Técnicas de Representación.

TESIS TEÓRICA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**ARQUITECTA**

PRESENTA:

**GEORGINA ORLANDA MUÑOZ ORTEGA TERRAZAS**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. HERMILO SALAS ESPÍNDOLA**

JURADO:

**MTRO. EN ARQ. MANUEL LERÍN GUTIÉRREZ**

**ARQ. MARTÍN GUTIÉRREZ MILLA**

**DR. ADRIÁN BALTIERRA MAGAÑA**

**ARQ. GUILLERMO GARCÍA ARMENDÁRIZ**

LUGAR:

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, AGOSTO 2022**



TALLER EHÉCATL 21



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



“La arquitectura es una concepción de la mente. Debe ser concebida en su cabeza con los ojos cerrados. Sólo en esa forma puede visualizar su proyecto. El papel es sólo un medio para anotar la idea y transmitirla al cliente o al constructor.”

- Le Corbusier<sup>1</sup>

*Una imagen vale más que mil palabras.<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> Le Corbusier. (2001). Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura. Argentina: Ediciones Infinito, pp. 68-69.

<sup>2</sup> Frase popular.

Gracias a la Facultad de Arquitectura UNAM por ofrecerme esta oportunidad de desarrollo, principalmente al Taller Ehécatl 21 por ser un lugar ameno y que siempre mostro interés en los alumnos, también agradezco al profesor Hermilo Salas Espíndola por la tolerancia.

A TODA mi familia, por los que están y los que no. A los que tuvieron la paciencia de leer y ayudarme. A mis padres, que con reflexión me guiaron a través de la investigación. Pero en especial a mi hermano Miguel, porque sin ti no hubiera sido capaz de lograrlo.

El agua del Lago Negro es profunda y va teñida de tinta;  
En el fondo, dicen, hay un Dragón Sagrado que nadie ha visto nunca.  
En el lago han erigido un altar y anunciado un rito las Autoridades.  
El dragón sigue siendo un dragón, pero los hombres saben convertirlo  
en un dios.

(Mao Tse-tung. Liriche chinesi, Turin. 1968)

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
---------------------------	----------

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>10</b>
-----------------------	-----------

## **CAPÍTULO 1: SOBRE LA INVESTIGACIÓN.....13**

<b>1.1. ORIGEN</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2. QUÉ SE VA A INVESTIGAR</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3. ¿POR QUÉ?</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4. HIPÓTESIS</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5. ¿QUÉ QUIERO LOGRAR CON ESTO?</b> .....	<b>18</b>
<b>1.6. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
<b>1.7. ANTES DE COMENZAR: ACLARACIONES</b>	<b>20</b>

## **CAPÍTULO 2: DE ANALÓGICO A VIRTUAL.....21**

<b>2.1 ANTECEDENTE</b> .....	<b>22</b>
2.1.1. OFICIO DEL ARQUITECTO / QUÉ NECESITA SABER PARA SER ARQUITECTO .....	22
2.1.2. REPRESENTAR / MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA .....	24
2.1.3. DE LA REPRESENTACIÓN MANUAL A LA GRÁFICA DIGITAL .....	28
2.1.4. LA COMPUTACIÓN EN MÉXICO .....	32
<b>2.2. ¿COMPUTADORAS?</b> .....	<b>42</b>
2.2.1. ¿QUÉ ES LO VIRTUAL?.....	44
2.2.2. INTERACTIVIDAD.....	47
2.2.3. CONECTIVIDAD - TECNOCOSMOS .....	49
2.2.4. SIMULACIÓN .....	50
2.2.5. INMERSIÓN .....	51
2.2.6. TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL.....	54

## **CAPITULO 3: ¿QUÉ TAN REAL?..... 57**

<b>3.1. LA IMAGEN: VIRTUAL VS. REAL</b> .....	<b>58</b>
<b>3.2. PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA ARCHVIZ</b> .....	<b>61</b>
<b>3.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA CREACIÓN VIRTUAL</b> .....	<b>63</b>
<b>3.4. MODELADO ARQUITECTÓNICO</b> .....	<b>64</b>

## **3.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PROYECTOS**

<b>VIRTUALES</b> .....	<b>65</b>
------------------------	-----------

<b>3.6. PROYECTOS ANÁLOGOS</b> .....	<b>69</b>
--------------------------------------	-----------

<b>3.7. SOBRE EL DISEÑO</b> .....	<b>73</b>
-----------------------------------	-----------

## **CAPITULO 4: VIRTUALIDAD EXPERIMENTAL.75**

### **4.1. MODELOS DE EXPERIMENTACIÓN.....76**

4.1.1. TABLA DE PROTOTIPOS.....	76
---------------------------------	----

4.1.2. DIMENSIONES DE MODELO .....	76
------------------------------------	----

4.1.3. MÉTODO DE REPRESENTACIÓN.....	77
--------------------------------------	----

4.1.4. HERRAMIENTA .....	77
--------------------------	----

4.1.5. INTERACCIÓN.....	77
-------------------------	----

### **4.2. CONTENIDO DE LAS FICHAS TÉCNICAS .79**

4.2.1. PROYECTO .....	79
-----------------------	----

4.2.2. TIPO DE REPRESENTACIÓN (RENDER, VR, AR, MR).....	80
--	----

4.2.3. MAGNITUD DEL PROYECTO (X, S, U, CANTIDAD DE MODELOS).....	80
---	----

4.2.4. NIVEL DE DETALLE (POSIBLE NIVEL ALCANZABLE DE REALISMO CONSIDERANDO LAS CAPACIDADES DEL HARDWARE REQUERIDO) .....	80
--	----

4.2.5. NIVEL DE INTERACCIÓN (ANALIZAR DE MANERA GENERAL LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS REALIZABLES).....	81
--	----

4.2.6. CALIDAD DE INTERACCIÓN (MANEJO INTUITIVO DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS) (UI : USER INTERFACE).....	81
---	----

4.2.7. HERRAMIENTAS NECESARIAS (HARDWARE BÁSICO Y ELEMENTOS VIRTUALES: MODELOS 3D, SONIDOS, TEXTURAS, "ASSETS") .....	81
---	----

4.2.8. SOFTWARE (TIPO DE PROGRAMA NECESARIO PARA ELABORACIÓN).....	81
---	----

4.2.9. NOTAS GENERALES .....	82
------------------------------	----

### **4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....99**

4.3.1. CONCLUSIONES DEL EXPERIMENTO .....	99
---	----

4.3.2. EL POTENCIAL.....	100
--------------------------	-----

## **5. CONCLUSIONES ..... 102**

## **REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA:..... 109**

## INTRODUCCIÓN

“Cuando los medios actúan juntos pueden cambiar tanto nuestra conciencia como para crear nuevos universos de significado psíquico.” (McLuhan, 1993)

El oficio del arquitecto ha desarrollado una importante historia, con un vasto conocimiento teórico y métodos de trabajo manuales que han desarrollado a través de los siglos; sin embargo, en la actualidad el quehacer del arquitecto no solo tiene como fin diseñar un proyecto a través de líneas trazadas en planos; también dedica su tiempo a realizar perspectivas; trabajando en un ambiente mixto entre lo bidimensional y lo tridimensional (2D y 3D). Conforme avanza la tecnología, exige más, por lo que llega el momento en que es necesario aprender como representar a través de otros métodos y medios; como podría ser la presentación por videos, interacción con el ambiente dando la sensación de estancia en un espacio ficticio, o simplemente la sustitución algunas prácticas por métodos que permitan observar modelos más detallados e ideales.

El discurso arquitectónico pretende lograr una interrelación entre diferentes representaciones, más que simplemente tomar la arquitectura como referencia para elementos visuales superficiales, podemos estudiar cómo los arquitectos conducen el espacio y trabajan el movimiento. Podemos ver a la arquitectura y los diversos campos a los que se referencia para inspiración, para entender el planteamiento espacial, organización, y cómo gestionar las relaciones entre el espacio y sus usuarios. Esto con la intención de lograr simulaciones más realistas que muestren el comportamiento de diversos factores naturales y artificiales externos como podrían ser luz, textura y material, así como también factores físicos como el caso de los fluidos y fuerzas gravitacionales. Y aún más interesante, los factores neurológicos.

Proyectando los diseños del plano en esta nueva dimensión, con una vista panorámica de 360 grados, se adquiere una mayor percepción de las proporciones y espacios, facilitando la creación de obras completamente diferentes a las que actualmente conocemos. En un mundo globalizado, que necesita mejorar su infraestructura en prácticamente todos los países, la Arquitectura 3D resulta imprescindible. Desde visualizar nuevas formas de accesibilidad hasta crear diseños innovadores y funcionales para distintas finalidades.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Universia. (07 de Marzo de 2016). Universia España. (U. España, Editor) Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de La Carrera Especial: Arquitectura 3D

De esta manera los procesos relacionados a diversas actividades ofrecen diferentes experiencias, dentro del proceso educativo facilita la interactividad de manera dinámica y activa. En empresas mejoran la productividad. Facilitan la comunicación. Para los gobiernos, son medios ideales para la difusión y contacto con la población.

Cuando analizamos las visualizaciones de arquitectura, nos permiten ver la diferencia entre los principios teóricos de los conceptos y la aplicación práctica de estos en una organización, en la industria de la Visualización Arquitectónica (Archviz), los contenidos visuales son siempre más efectivos que las palabras para asegurar las ventas, y le brindan al cliente una perspectiva abierta de lo que esperan comprar.<sup>4</sup>

Diversos programas han sido creados con la finalidad de facilitar la visualización de proyectos en tres dimensiones: esto permite encontrar y estudiar con mayor facilidad los vicios ocultos que pueden presentarse y así mejorarse antes de cualquier gasto innecesario, lo cual podría considerarse como un importante punto de inflexión dirigido a temas de administración, ya que puede evitar errores de diseño y faltas en el conocimiento de mantenimiento a futuro.

El uso de un entorno tridimensional permite la creación de una expectativa y un mayor entusiasmo en torno a la actividad. El éxito de una aplicación está relacionado con la estrategia y la implementación utilizadas porque la navegabilidad y la interactividad aparecen como elementos centrales para el usuario.<sup>5</sup>

Su importancia está relacionada con momento histórico en el que radica, debido a la tecnologización de todo proceso laboral, *“se han constituido ya como herramientas indispensables para alcanzar mejores condiciones y desarrollo entre las personas, empresas e instituciones”*. Actualmente en México hay alrededor de 42 millones de personas con una PC y 37 millones con internet.<sup>6</sup>

La tecnología digital resulta en una herramienta necesaria implicando así sus variables como son la realidad aumentada y la realidad mixta, e inclusive la misma realidad virtual, que ha logrado adentrarse a un nivel tan importante en vida cotidiana, que en la mayoría de los casos, el humano ya no es capaz de reconocerla con facilidad.

---

<sup>4</sup> Naj, M. (09 de agosto de 2017). Archviz From Genesis To The Perfection. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de Double Impact Studio

<sup>5</sup> Barbosa, H. (2015). 3D Simulation Environment: Education and Training. Proceedings of the 10th Doctoral Symposium in Informatics Engineering. Portugal: Faculty of Engineering, University of Porto (pp. 138).

<sup>6</sup> INEGI. (2014). Estadísticas sobre disponibilidad y uso de tecnología de información y comunicaciones en los hogares, 2013. (pp. III).



Tiene la capacidad de facilitar e inclusive sustituir algunas de las actividades habituales del arquitecto, visto desde un punto físico hasta uno cibernético, en el caso de las maquetas, el manejo de modelos tridimensionales permite ser construido en sistemas de impresión 3D acelerando el tiempo y modulando su realización; mientras que el manejo tecnológico del mismo puede permitir su uso en sistemas de datos como son los servicios de nube logrando llegar a todo lugar con acceso a la red. E inclusive, teniendo la capacidad de mezclar ambas técnicas, teniendo el terreno plano o 3D impreso y con marcadores se pueda implantar el modelo arquitectónico virtual.

*“Menos es más”*, frase célebre del arquitecto Mies van der Rohe, adquiere un importante significado conforme avanza el tiempo, especialmente en la tecnología, la cual rápidamente va reduciendo su tamaño y aumentando sus capacidades, y junto es llevado a la arquitectura, aparece la necesidad de reducir su expresión a un pequeño aparato con un contenido de infinitas posibilidades, reduciendo costos y tiempo a la par.

Siendo de especial consideración que en el mundo globalizado vigente donde los mecanismos de producción resultan en mayor utilidad a menor tiempo, la labor del arquitecto se vuelve complicada pues la elaboración de proyectos es un proceso creativo que conlleva un periodo de análisis complejo de múltiples variables; a la par han surgido sistemas que han permitido mecanizar algunos pasos.

La dificultad aparece a causa de la falta de información sobre temas de desarrollo virtual dirigidos al ámbito arquitectónico, reduciendo la integración con nuevos métodos de representación arquitectónica. Especialmente es difícil encontrar documentación actualizada en nuestro idioma y aún más si se considera que tanto México como Latinoamérica han quedado rezagada dentro de estas tecnologías, dando como resultado que la información relacionada existente sobre el tema no esté al alcance de cualquier persona interesada.

Actualmente se genera un desperdicio de posibilidades, ya que no se aprovecha la nueva tecnología relacionada a sistemas computacionales y softwares de modelado e inclusive fotogrametría y estaciones de escaneo 3D; ya sea por falta de formación en esos temas o por simple desconocimiento de estas herramientas y mecanismos que podrían facilitar y mejorar en gran medida el desarrollo integral de la misma actividad. Igualmente, con el mal manejo de los diversos medios de representación, ya que dependiendo la magnitud del proyecto varían las capacidades de los modelos o los sistemas útiles para una interpretación clara en menor cantidad de tiempo.

En el primer capítulo se plantea las razones que han llevado a tomar este tema como objeto de estudio y su acción a tomar para generar una hipótesis que dé respuesta a algunas dudas sobre

elección al momento de realizar cualquier proyecto arquitectónico a computadora. Para iniciar, se delimitará de la manera más acotada el objeto de estudio (qué, para qué, por qué, dónde, cuándo, cómo), con esto se logra encontrar los temas clave necesarios para armar los marcos de estudio y para la formulación de una hipótesis que permitirá tomar una línea de acción.

En el segundo capítulo, se busca definir al arquitecto y en qué se basa su oficio: cuáles son las cualidades y conocimientos básicos que requiere para poder nombrarse de tal manera; para lograr comprender la forma en que la arquitectura ha utilizado la representación a partir de un momento histórico hasta su tecnologización, y saber cuáles fueron las causas que llevaron a la metodología actual; y así lograr una clasificación semántica que facilite la comprensión de los principios de representación necesarios en los sistemas informáticos, las palabras clave para lograrlo son: visualización e interacción. De los cuales derivan diversas actividades y definiciones implícitas.

En el tercer capítulo se pretende plantear los conceptos y principios esenciales que permiten acercarse a una visualización fotorrealista y posteriormente las consideraciones que conllevan a un proyecto amigable y con interfaces interactivas a través de las necesidades analizando análogos.

A través de diversos prototipos y modelos podremos ejemplificar cada clasificación, el cuarto capítulo muestra su funcionamiento y uso para establecer los pros – contras, dando una serie de resultados con valor comparable, los cuales facilitarían la decisión al momento de su uso en determinados proyectos arquitectónicos de diversas magnitudes.

Además, al obtener un resultado, se puede observar las posibles interrelaciones con diversos campos profesionales con afinidades similares, así como la viabilidad de sustituir o mejorar algunas de técnicas de representación convencionales.

Finalmente, el quinto capítulo a manera de cierre toma en consideración los paradigmas y cómo influye en algunas etapas del proceso de producción arquitectónica.

¿Por dónde continuar? Un tema de interés para el análisis de la realidad virtual debería ser la psicología, ya que va envuelto todo un análisis neurológico donde la percepción se vuelve un elemento indispensable, por consiguiente, los principios de diseño se hacen presentes (simetría, ritmo, proporción, etc.), también toma importancia la reacción que genera la interacción con espacios virtuales con cierto valor ficticio.

## GLOSARIO

**Archviz:** Abreviación del término en inglés “architectural visualization” que en español se traduce como visualización arquitectónica.

**Base de datos:** Es una gran cantidad de registros de información asociados usualmente cada uno a una unidad, los cuales son almacenados y manejados en una computadora. [2]

**BIM:** (“Building Information Modeling” = Modelado de información de construcción) es un proceso inteligente basado en modelos 3D que brinda la información y las herramientas para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructura de manera más eficiente. [3]

**Conductismo:** Teoría y método de investigación psicológica basados en el estudio y análisis del comportamiento o conducta del individuo sin tener en cuenta sus pensamientos y vida interior. [4]

**Dimensión:** Medida de una magnitud en una determinada dirección. / Cada una de las magnitudes que fijan la posición de un punto en un espacio. [4]

**Game Engine:** La tecnología de motor de juego proporciona una gran cantidad de características específicamente diseñadas para entornos de juego. Algunas funciones no son necesarias directamente para visualizar la arquitectura, como las funciones de red y multijugador. [5]

**Grado de libertad:** se entiende el número de entradas independientes requeridas para determinar la posición de todos los eslabones del mecanismo respecto a tierra en cualquier instante. Siendo lineal o axial. [6] Cuando un conjunto de vectores no muestra la gama total de posibilidades facilitada por sus componentes, a veces puede ser útil medir el margen que queda acudiendo al recurso de especificar cuántas componentes con independencia darían la misma variedad. Este número de componentes se denomina grados de libertad del conjunto de vectores. [7]

**Iteración:** Repetir / En programación: Permiten repetir una sentencia o conjunto de ellas. Es lo que se denomina ejecutar un bucle. / La estructura iterativa o de repetición permite ejecutar una o varias instrucciones, un número determinado de veces o, indefinidamente, mientras se cumpla una condición. [8]

**Malla:** una malla consiste en triángulos dispuestos en un espacio 3D para crear la impresión de un objeto sólido. Un triángulo se define por sus tres puntos de esquina o vértices. [1]

**Modular:** Longitud, extensión o volumen de una línea, una superficie o un cuerpo respectivamente. [9]

**Multimedia:** Que utiliza conjunta y simultáneamente diversos medios, como imágenes, sonidos y texto, en la transmisión de una información. [4]

**Ofimática:** Equipo que se utiliza para generar, almacenar, procesar o comunicar información en un entorno de oficina. [8]

**Paradigma:** En un sentido amplio, se refiere a una teoría o conjunto de teorías que sirve de modelo a seguir para resolver problemas o situaciones determinadas que se planteen. En el ámbito científico, el paradigma es un principio, teoría o conocimiento originado de la investigación en un campo científico, que servirá de referencia y modelo para futuras investigaciones. [10]

**Piloto:** Indica que la cosa designada por el nombre que le precede funciona como modelo o con carácter experimental. [4]

**Polígono:** Figura geométrica plana limitada por segmentos rectos consecutivos no alineados, llamados lados. [9]

**Propioceptivo:** Percepción inconsciente de los movimientos y de la posición del cuerpo, independiente de la visión. [4]

**RAM:** Abreviatura de random access memory (memoria de acceso aleatorio). Memoria principal de una computadora, donde se ubican para su ejecución los programas y datos; su contenido se pierde al apagar la máquina. [2]

**Render:** Una imagen 2d generada a partir de una escena 3D, que proyecta una realidad casi exacta de un espacio imaginario. [6]

**Scanner:** Dispositivo de entrada con un funcionamiento similar a una fotocopidora, pero cuyo resultado son imágenes que pueden ser almacenadas en la computadora. [2]

**Script:** Código escrito en lenguaje de programación. En informática, conjunto de caracteres e instrucciones utilizadas para escribir programas de una computadora. [2]

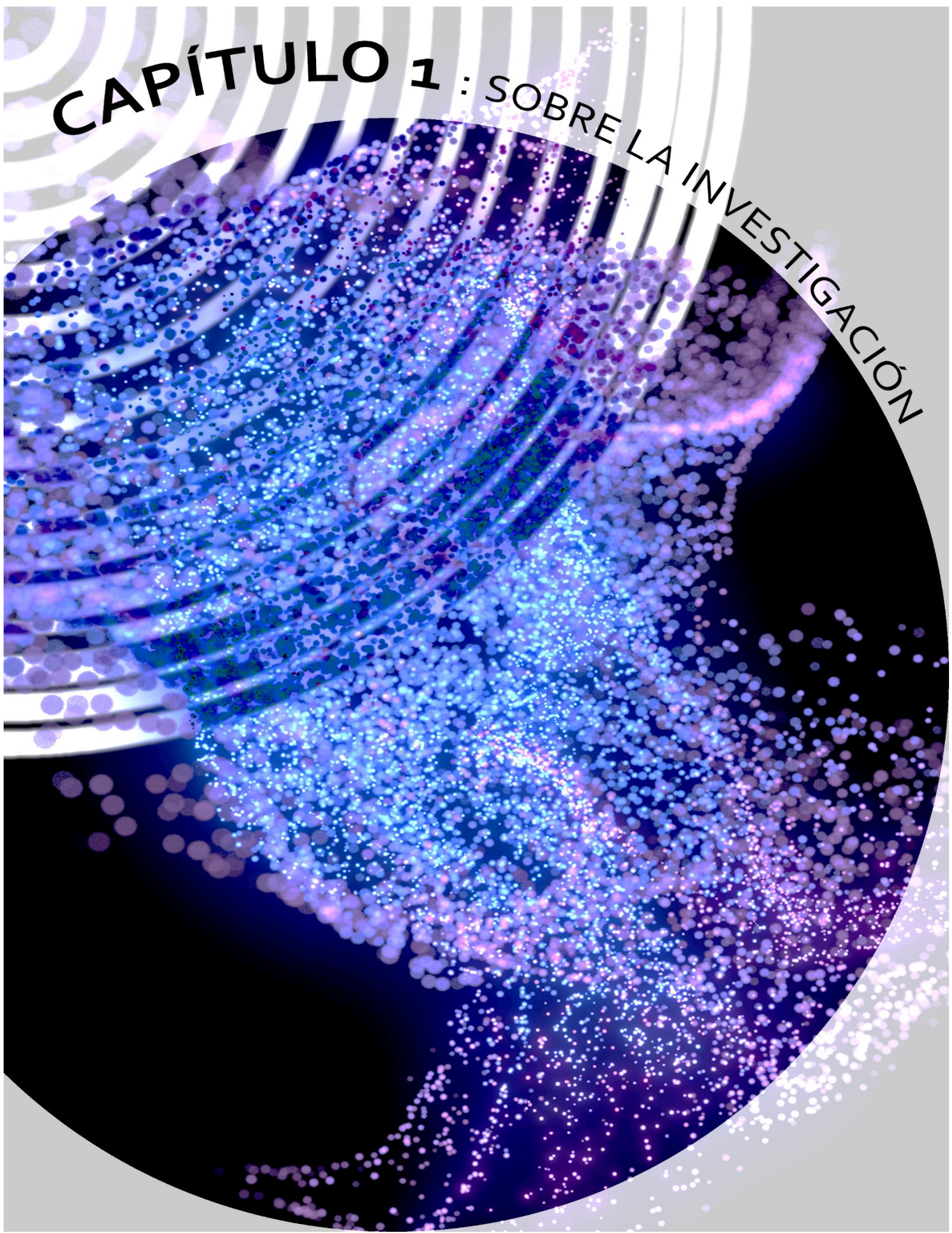
**Software:** Programas o elementos lógicos que hacen funcionar una computadora o una red. Hay diferentes tipos de software: el software de sistema, que controla la operación de la computadora y el software de aplicación, que hace ciertos trabajos como el procesador de textos, los diccionarios electrónicos y los juegos, entre otros; el software libre (freeware) que es cualquier tipo de software y generalmente está disponible de manera gratuita. [2]

**Workstation:** Ordenador refinado con alto rendimiento en el desarrollo de diferentes tareas que requieren precisión [11]

## Referencias del glosario:

- [1] Unity Learn. 3D Game Kit Walkthrough. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2019.]  
<https://unity3d.com/es/learn/tutorials/projects/3d-game-kit/making-acid-pool?playlist=51061>
- [2] (INEGI, 2014)
- [3] Autodesk. Design and build with BIM. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2019.]  
<https://www.autodesk.com/solutions/bim>
- [4] (Diccionario de la Real Academia Española, 2018)
- [5] (Bürger, 2013)
- [6] (Mecánica, 2006)
- [7] (Ortega, 2013)
- [8] (Ecured, 2019)
- [9] (WordReference, 2019)
- [10] (Ceballos & Wiedmann, 2011)
- [11] WORKSTATION. PCPro. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2019.]  
[https://pcpro.es/ordenadores/workstation/.](https://pcpro.es/ordenadores/workstation/)

# CAPÍTULO 1 : SOBRE LA INVESTIGACIÓN



## 1.1. ORIGEN

El tema de investigación surgió durante mis estudios de licenciatura en la Facultad de Arquitectura, a partir de la etapa de profundización, ya que conforme iba avanzando los semestres los profesores del Taller de Arquitectura exigían conocimiento de diversos programas computarizados, al inicio con sistemas sencillos de CAD y posteriormente modelado en 3D y simulaciones estructurales. Lo cual mostraba una reducción en el tiempo de trabajo considerable a comparación de la manera tradicional de diseño y presentación gráfica. Sin embargo, no se enseña ese tipo de conocimiento en el taller de arquitectura, y eso me causó gran preocupación ya que al mismo tiempo veía que solo unos cuantos compañeros selectos lograban completar las exigencias de los profesores.

Y posteriormente, en la etapa de consolidación, al realizar proyectos a nivel urbano, reafirmaba la misma idea, ¿por qué realizar maquetas interminables que ocupan un salón completo, si en un dispositivo móvil podrían ser visualizados?

Es así como me di a la labor de investigar sobre documentación que me pudiera facilitar este aprendizaje y acelerara el proceso de diseño, logrando únicamente encontrar una serie de documentaciones provenientes de diversos países y por consiguiente diferentes idiomas.

Durante esta documentación y con asistencia de un ingeniero conocedor del tema, descubrí que la manera en que los estudiantes de arquitectura realizan sus modelos es completamente deficiente y de muy baja calidad, el uso de programas está desactualizado, y esto se volvió evidente al momento de comparar los de modelados de uso cinematográfico y entornos de videojuegos, así mismo pude ver las oportunidades que se desaprovechan a causa de otros sistemas informáticos que, si bien no son conocidos en el uso de la arquitectura, ofrecen nuevas maneras de trabajo interactivo, como son los “game engines”.<sup>7</sup>

Sumado a esto, descubrí a través de algunas conferencias y videos cómo las tecnologías de escaneo y fotogrametría facilitan el registro y modelado reduciendo el tiempo de captura de meses a tan solo un par de horas. Ya sea al momento del levantamiento de un terreno hasta el registro de edificios históricos, que conllevan una transcripción detallada de cada elemento

---

<sup>7</sup> Software - motor de videojuego multiplataforma. Unity 3D. (2018). Recuperado el 17 de enero de 2019, de <https://unity3d.com/es/unity>

existente incluyendo su posición, forma y material. Queda como resultado un modelo digitalizado que en algunas ocasiones puede ser de una utilidad invaluable para la preservación y/o difusión.

Como en otros casos similares que he visto, se dice que “en los estudios de arquitectura se hace énfasis en la formación tutorada y en el aprendizaje en la acción, donde se debe aportar al estudiante instrumentos para pensar y actuar más eficientemente en el diseño.” (Segovia & Pérez, 2009); a pesar de que los temas de diseño tridimensional se han vuelto un tema importante en la facultad, es evidente la situación de no conocer suficiente sobre sistemas computacionales; existen casos donde solucionar un proyecto pasa de una hora a varios días de trabajo debido a fallas causadas por optimización de recursos.

Observé cómo simultáneamente al avance de las nuevas tecnologías surge un temor que en algunos casos pareciera ser no tener fundamentos lógicos, sugiriendo un miedo al cambio ya que requiere de un enorme esfuerzo para lograr dominarlo y por consiguiente solo una pequeña población tiene los recursos para lograrlo.

Por otro lado, el interés de este estudio es facilitar una mejor comprensión de mi propio entendimiento dentro de la práctica profesional y académica ya que los métodos de representación como son los renders, videos, inclusive la realidad virtual, deben entenderse no como solución de un proyecto, sino como una manera de mostrar el resultado final a través de métodos generados por computadora.

Permitiendo ser replicables a gran escala, debido a que la programación construida para crear aplicaciones que posteriormente serán implementados en proyectos arquitectónicos pueden ser reutilizados ya sea en partes del código de programación, o directamente en el programa completo como interfaz. Por lo tanto, deberían ser considerados un complemento más en el ámbito de cualquier área de estudio artístico, científico y educativo.

Por lo tanto, los proyectos que se pretenden usar como objeto de análisis, no explican los procesos que permitirán edificar el proyecto, es decir, que no aclaran como son los sistemas constructivos detallados.

El propósito es incentivar al lector a aprender o recurrir a estas tecnologías, para lo cual deberá conocer los principios de modelado 3D, así como también las bases del diseño arquitectónico. Si bien este escrito no tiene la intención de ser didáctico, pretende que el lector sea capaz de



recurrir a equipos de gente especializados en este tipo de representaciones o desarrollos, que pueda tomar una buena decisión a partir del conocimiento brindado por el análisis presentado para obtener los resultados deseados, y discernir al momento de seleccionar sus requerimientos.

## 1.2. QUÉ SE VA A INVESTIGAR....

La falta de conocimiento e información sobre técnicas digitales relacionadas a la realidad virtual ha frenado el avance en el área de representación de la arquitectura en la Ciudad de México debido a que no se enseña en la Facultad de Arquitectura, a pesar de que, a partir del Plan de Estudios 99 se integró como obligación los cursos de computación, solo solicitaba el uso de la paquetería básica y dibujo CAD, actualmente el problema persiste ya que sigue sin brindar los conocimientos suficientes sobre temas de modelado 3D en interacción con motores multiplataforma que logren integrar la interactividad usuario-máquina de la manera más óptima. Por lo tanto, son conocimientos que deben ser introducidos desde el nivel escolar a estudiantes y profesores, para una posterior profundización en la práctica profesional dentro de empresas y despachos.

Ya que, a la par de la vida rápida de la ciudad, exige mejores procesos y menor tiempo en la elaboración. Por lo tanto, precisa dar uso de la tecnología a través de herramientas virtuales para acelerar procesos de representación arquitectónica que puedan sustituir con más eficacia y eficiencia la representación tradicional, de tal manera que mejore y facilite el desarrollo de proyectos para reducir el tiempo que se requiere. Es decir, una reducción de tiempo sincrónica a una mejora en la calidad como realidad perceptible.

## 1.3. ¿POR QUÉ?

Un hecho que ha influido de manera notable en los últimos años en la enseñanza de la arquitectura es el avance de la tecnología, la adopción de las TIC en la educación y los programas que apoyan el desarrollo profesional con las aplicaciones para el diseño, control y programa de obra. Al respecto, se advierte que el acceso a los instrumentos tecnológicos y programas de cómputo ya es posible para la mayoría de los alumnos, aunque todavía un gran

número de profesores no utilizan estos métodos y continúan impartiendo sus clases de manera tradicional.<sup>8</sup>

La economía digital está abarcando mayores áreas de la vida humana facilitando los accesos de productos y servicios en cualquier parte de la tierra, sin la necesidad de requerir espacios físicos, y generando conectividad instantánea sin importar distancia. A pesar del crecimiento de la demanda en México de trabajos calificados para esta industria, no existe un desarrollo suficientemente amplio de la oferta educativa ni un vínculo estrecho entre academia y empresa.

El desarrollo arquitectónico se basa en diversas herramientas abstractas que asisten en el proceso de diseño. Principalmente, los arquitectos trabajan con múltiples técnicas bidimensionales que generan una infinidad de datos con especificaciones detalladas. Sin embargo, los clientes no conocen la lectura de estos sistemas y por mucho que puedan aprender, su entendimiento no estará en el mismo nivel que el del arquitecto. Por lo que se vuelve necesario simplificar la comunicación entre los diversos individuos implicados.

En la mayoría de los casos, gran cantidad de artistas gráficos y desarrolladores dedican su tiempo a la creación de escenarios para entornos virtuales arquitectónicos, pero, pocas son las ocasiones en que los arquitectos llegan a dedicarse a este tipo de producción, siendo notable su participación cuando se analiza la calidad de los resultados.

Esta disciplina se encamina a paso firme rumbo a otros destinos que originalmente no estaban contemplados. Cada vez más empresas y agencias de publicidad demandan animaciones y películas que emplean los conocimientos y herramientas de la Arquitectura 3D, e inclusive se ha constatado su influencia en el mundo de los efectos especiales y el cine.<sup>9</sup>

Dentro de la industria de la realidad virtual y simulaciones, es vital la colaboración de distintas disciplinas para poder llevar un proyecto a cabo, dependiendo la finalidad del objeto que se desea presentar, diversas áreas de artes, ingenierías y ciencias son necesarias, sin embargo, al tratarse de tecnologías que han crecido muy rápidamente en el mercado aún no se han consolidado las bases suficientes sobre varias de estas áreas de especialización.

---

<sup>8</sup> FA, F. d. (30 de noviembre de 2016). Proyecto De Modificación Del Plan De Estudios De La Licenciatura De Arquitectura: Tomo I. (pp. 13).

<sup>9</sup> Universia, *Op.cit.*

## 1.4. HIPÓTESIS

Con la finalidad de reforzar la formación del arquitecto desde la etapa escolar, debe interrelacionar sus actividades con los más actuales mecanismos de desarrollo informático y científico para la aplicación dentro de su área, y así a futuro considerar que es posible simplificar algunos procesos desarrollando sistemas más inteligentes que quizá no consuman el tiempo como lo hacen en la actualidad. Por lo tanto, se planea comprobar si el uso de la tecnología digital puede acelerar y mejorar los procesos de representación arquitectónica al momento de generar un proyecto a comparación de los métodos convencionales. Así mismo, mostrar la importancia y utilidad de considerar estos nuevos métodos como un enfoque útil a los medios académicos.

Por lo cual, esta investigación pretende plasmar de manera teórica y demostrativa a través de diversos casos de estudio los principales enfoques de las herramientas de representación virtual aplicados a la arquitectura.

Finalizando con un breve estudio de los paradigmas que aparecen a la par de la tecnología virtual, y algunas posibles causas por las que existe atraso e incertidumbre sobre estos temas, interconectados a ciertas actividades de los arquitectos en relación con nuevos patrones donde aparecen situaciones de contraposición, como es la realidad versus la virtualidad. Teniendo esto en cuenta, saber cuáles son las posibilidades que ofrece cada situación y su manejo.

## 1.5. ¿QUÉ QUIERO LOGRAR CON ESTO?

De manera sencilla proporcionar una respuesta a los usos que puede ofrecer la computación y los dispositivos móviles sobre la arquitectura al momento de elaborar la representación gráfica de cualquier proyecto. Dando a conocer los métodos que se dieron para su actual ejecución, se puede partir de esos fundamentos y así descomponer en elementos precisos que permitan dar la oportunidad de reformular y entender la manera como se trabaja actualmente y su posible evolución junto a las nuevas tecnologías digitales. Con la finalidad de comprender en qué momento usar los diversos sistemas de presentación ya sea individualmente o combinados, con la intención de reducir tiempos de elaboración y con la oportunidad de sustitución de algunas prácticas, especialmente la construcción de maquetas. Igualmente, tener en cuenta que el aprendizaje de diversos sistemas

abre la oportunidad a incursionar en una gran gama de labores profesionales provenientes de diversas ramas científicas y artísticas.

## 1.6. OBJETIVOS

### General:

La intención de esta investigación es demostrar como los métodos computacionales de últimas generaciones específicamente relacionado a la realidad virtual, pueden ser un importante aporte a la arquitectura desde su diseño, representación e interpretación; así mismo mostrar que uso de las tecnologías digitales móviles puede acelerar los procesos de representación gráfica arquitectónica al momento de generar un proyecto, y así definir la acciones a realizar dependiendo de la magnitud del proyecto arquitectónico que se planea representar. Además, facilitar la interpretación del usuario, a través de la calidad de representación visual.

Para este fin se requiere el uso de sistemas de visualización arquitectónica denominados Archviz, para realizar un análisis de las aplicaciones generadas a por medio de realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta que puedan ofrecer al campo de la arquitectura, relacionadas al aprovechamiento de las técnicas derivadas de las nuevas tecnologías de visualización; por medio de dispositivos móviles, cascos de realidad virtual y sistemas computacionales de última generación.

### Particulares:

- Aclarar en qué consiste el quehacer del arquitecto para entender su relación con la representación gráfica y la computación.
- Declarar principios de diseño que faciliten la construcción de modelos Archviz.
- Destacar los distintos aspectos arquitectónicos que permiten diseñar un entorno virtual creíble dentro de un contexto que pueda mejorar la experiencia del espectador.
- Construir modelos de estudio que permitan aplicar la teoría de diseño para ser sujetos a análisis.
- Demostrar cómo es posible diseñar recorridos virtuales interactivos basados en un enfoque arquitectónico.
- Analizar el impacto en el que infieren las tecnologías sobre la etapa de diseño.

- Facilitar la selección del tipo de herramienta según el proyecto a partir de los resultados.
- Concluir el impacto que se pueda atribuir a la adopción de estos métodos respecto a las técnicas de representación convencionales equivalentes.
- Comprobar si existe alguna causa psicológica o social que cause temor o atraso en estas tecnologías.

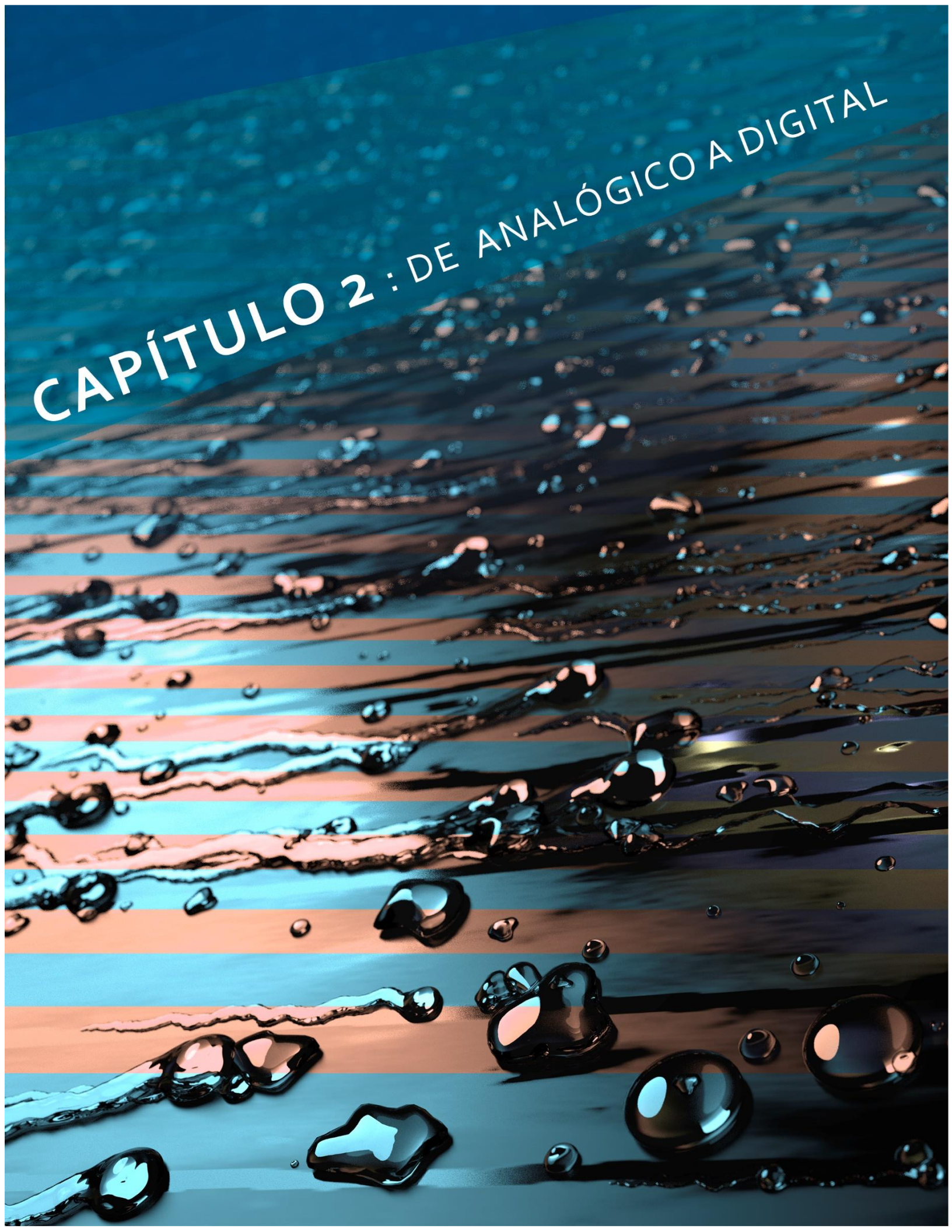
## 1.7. ANTES DE COMENZAR: ACLARACIONES

La investigación se complementará con modelos prototipo que permitirán ejemplificar de manera sencilla la utilidad de estos sistemas virtuales para poder ser puestos a prueba en diversas circunstancias con la finalidad de obtener resultados que puedan ser comparados y analizados.

A partir del objeto de estudio debe darse a entender la delimitación de los alcances de la investigación, de tal manera que no abarca la parte técnica sobre el uso de algún tipo de software y hardware siendo así que no se capacitara en el manejo o construcción de modelos y/o programas, por lo tanto, se asumirá que lo presentado aquí pueda ser implementado en cualquier sistema que posea capacidades similares a lo sugerido.

No se hará un análisis a profundidad sobre las reacciones psicológicas del usuario, ya que esto conlleva a un tema muy amplio que se encuentra fuera de los alcances y propósitos de esta investigación. También cabe aclarar que no se hará ningún análisis sobre impactos económicos y/o ambientales que se puedan generar al sustituir las técnicas convencionales por las virtuales, en caso de abordar alguno de estos temas se hará de manera breve y superficial.

La intención es abordar los temas de manera general en lugar de centrarse en ciertos tipos de diseños y métodos. Se muestra lo que existe referente a estas tecnologías virtuales y sus beneficios al ser utilizadas, esto con el propósito de permitir que las técnicas se exploren de manera menos prescriptiva, y así los diseñadores puedan implementarlas de la forma que elijan; siendo posible la aplicación de cualquier programa que el diseñador decida usar.



# CAPÍTULO 2 : DE ANALÓGICO A DIGITAL

## 2.1 ANTECEDENTE

### 2.1.1. Oficio del Arquitecto / Qué necesita saber para ser arquitecto

*“Comenzamos a construir en concreto, pero continuamos pensando en la piedra” (M. Tournon)*

No solo trata de solucionar un espacio, sino comprender el contexto temporal y espacial que lo envuelve en cada una de sus etapas históricas, sin embargo, es necesario definir qué es la arquitectura para entender en qué principio se sustenta y así ser considerada como lo que es y no solo como la simple construcción.

- Arquitectura tiene su raíz en latín *architectūra* la cual a su vez proviene del griego. Arquitecto griego *ἀρχός* (jefe, principal), *τέκτων* (construir) *ἀρχιτέκτων* (jefe de los constructores). (Urrea, 2010)

A lo largo de los años se han dado muchas respuestas para esta pregunta, y ninguna es completamente satisfactoria. Sin embargo, hay ciertas características que persisten, en *“De Architectura”*, Marco Vitruvio Polión consideraba que la arquitectura es una ciencia y un arte adornada con numerosas enseñanzas teóricas y con diversas instrucciones. *“Este conocimiento surge de la práctica y del razonamiento.”* La práctica consiste en la ejecución de la obra, como un proceso manual, realizado a partir de materia de cualquier clase. Mientras tanto, el razonamiento hace referencia al proceso intelectual requerido para interpretar y abstraer la obra.<sup>10</sup>

José Villagrán García lo define como: *“la arquitectura es el arte, la ciencia y la técnica de construir, diseñar y proyectar espacios habitables para el ser humano”*. Y coincide la idea de la arquitectura como una actividad del tipo arte. *“Por arte en general, entendemos una actividad intelectual apoyada en mayor o menor amplitud, por una experiencia acumulada científicamente y un talento creador educado”*.<sup>11</sup>

Sin embargo, Le Corbusier considera que *“la arquitectura es espacio, ancho, profundidad, y altura, volumen y circulación. (...) La arquitectura es organización”*, mencionando que lo principal en el desarrollo de un proyecto es la planta *“cumpliendo de manera decorosa su funcionalidad, y como segunda fase aparece la belleza para ser aplicada a las fachadas (...) Está diseñado por los valores*

<sup>10</sup> Pollionis, M. V. (1997). *De Architectura*. (J. L. Domingo, Trad.) España: Alianza Editorial. (pp. 25-30).

<sup>11</sup> García, J. V. (1992). *Integración del Valor Arquitectónico*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. (pp. 8).

*espirituales provenientes de un especial estado de conciencia, y por factores técnicos que aseguran la materialización de la idea, la resistencia de la obra, su eficacia, su duración*".<sup>12</sup>

Como en todas las definiciones anteriores hay ciertas relaciones, de lo cual se puede considerar como constante la permanencia de estética, técnica y funcionamiento - lógica, donde cada una toma lugar en diversos campos de conocimiento. Siendo así que la concepción del arquitecto es creatividad basada en fundamentos científicos sobre múltiples cuestiones siendo así capaz de "materializar sueños". Tiene tanto peso en la psicología humana que logra condicionar el comportamiento del humano dentro del espacio, con consecuencias físicas y emocionales.

Así mismo, y como bien mencionaba Vitruvio de Pollionis, el arquitecto no puede ni debe ser gramático, músico, pintor, escultor, medico, inclusive ingeniero de la altura de los grandes maestros, tampoco puede ser un ignorante. La arquitectura va envuelta en cada ciencia y arte conocida cada una con diferentes maneras de expresarse, así como también esta envuelve al humano para ofrecerle protección y desarrollo, aclarando que nunca deberá ser considerada como arte puro, ya que, como bien mencionaban los griegos no existe una musa de la arquitectura debido a su carácter teórico y científico. Ya que al final se olvida del rostro, pero no la fachada, es decir, habrá casos en donde el arquitecto sea olvidado ya sea su nombre o su apariencia, pero su obra permanece más que la existencia humana.

A lo largo de su desarrollo ha ido experimentando y creando nuevos estilos y géneros que lograron identificar a cada cultura, su necesidades y comportamiento, y como bien dice Alejandro García Hermida; *"la base del proceso generador de una tradición arquitectónica está en que alguien encuentra una solución a un problema que resulta válida para un determinado lugar y una determinada cultura y transmite este hallazgo a un segundo, quien puede replicar su éxito, combinarlo con otras aportaciones o avanzar sobre el mismo"*.<sup>13</sup>

Aparece una tradición iconográfica representativa del arquitecto, que ha permanecido posiblemente desde la época de Alejandro Magno (356 a.C.); *"según la leyenda, el arquitecto Dinócrates pudo acceder a ser escuchado, sobre sus megalómanos proyectos, por Alejandro Magno sólo después de haberse disfrazado para llamar su atención y, aunque no fuera aceptada su propuesta para hacer una ciudad en el monte Athos, consiguió permanecer como arquitecto al lado de Alejandro. A partir*

<sup>12</sup> Le Corbusier. (2001). Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura. Argentina: Ediciones Infinito. (pp. 27).

<sup>13</sup> Hermida, A. G. (2016). Seminario Internacional. Arquitectura y Oficios Tradicionales de Construcción (pág. 176). Madrid: Mairela Libros. (pp. 63).



de esa narración son frecuentes, y no sólo en contextos vitruvianos, las representaciones de arquitectos en el momento de hacer entrega de los planos o de la maqueta de un proyecto a monarcas, pontífices y mecenas”.<sup>14</sup>

A lo cual surge un dilema, ¿la representación arquitectónica se ha vuelto estática e inamovible?, Hermida ha tratado este tema, “el concepto de tradición no implica sólo continuidad, sino también evolución. La tradición nunca es algo cerrado y estable, sino que está siempre cambiando, adaptándose a nuevos requerimientos o a otros condicionantes. De hecho, normalizarla o estabilizarla no sería sino un paso más hacia su desaparición”<sup>15</sup>. También menciona que debe considerarse que la tradición se renueva ya que planta cimientos a partir de la experiencia y que permiten lograr progreso al momento en que se busca la solución, surgida en contextos donde el lugar, tiempo y cultura provocan resultados que van trascendiendo y replicando su éxito mientras se va mejorando y combinando con otras aportaciones.

El giro digital tiene su correspondencia en la evolución de los proyectos pedagógicos de diferentes universidades, generando un movimiento globalizado sobre los nuevos métodos de enseñanza, por lo cual las escuelas de arquitectura son fruto de una triple tradición. Por un lado, una formación basada en la figura del aprendiz, formación que tiene menos que ver con la tradición universitaria y más con la del taller artesano, y, por otro, la implantación de dos modelos educativos europeos: la tradición politécnica, con un perfil más científico, donde la inmigración de los arquitectos de la Bauhaus y sus experimentos pedagógicos desempeñó un importante papel; y la tradición beaux arts con una formación menos técnica, más artística y filosófica<sup>16</sup>. Actualmente los nuevos académicos pertenecen a una generación plenamente digital que se formó en la década de 1990 en estos escenarios experimentales. Para ellos, lo digital ya no pertenece a la discusión en sí, ni es una opción instrumental o ideológica, sino que es un hecho y un medio de trabajo.

## 2.1.2. Representar / Métodos de representación arquitectónica

*“La arquitectura es hoy esa actividad que uno llama arte, colocando allí la palabra para servir de pantalla a las vanidades y a los negocios” (Le Corbusier)*

<sup>14</sup> Pollionis, *Op.cit.* (pp. 5).

<sup>15</sup> Hermida, *Op.cit.*, (pp. 62).

<sup>16</sup> Ortega, L. (2013). *Digitalization takes Command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. (pp. 131).

La tarea del arquitecto es planear un entorno que permita a los miembros de una sociedad identificarse para ser capaces de apropiarse de este espacio. Siendo así que los arquitectos que diseñan para una sociedad siempre se encontrarán con el dilema de la comunicación, qué lenguaje precisa usar para representar las creencias, tradiciones e identidad logrando representar de la manera más exacta su realidad.

Conforme las diversas épocas, fueron surgiendo maneras más claras para manifestar la arquitectura a través de materiales y técnicas de expresión plástica-gráfica, siendo así que sean de igual valor un lápiz junto a una computadora, la diferencia está en el momento de su creación localizado en diferentes periodos temporales.

La representación es el cimiento del pensamiento humano y de la posibilidad de creación, todo suceso o idea es plasmado de una u otra manera. Saber representar significa la capacidad de transformar la realidad, el mundo y las ideas en signos legibles que tienen la propiedad de ser manejados e interpretados a voluntad. Saber representar es un conocimiento intelectual y creativo propio del arquitecto. *“A decir verdad, las cosas en las que pensamos no las ve ni siquiera el que puede ver: no son «visibles».”*<sup>17</sup>

Se consideran principalmente dos tipos de manifestación para la presentación de proyectos arquitectónicos; el dibujo, considerando dentro de este todas sus variantes, y la maqueta o modelo.

El dibujo es considerado como una necesidad, inclusive como obligación básica de la labor, Francis Ching denomina al dibujo como *“el proceso o técnica que se pone en práctica para representar algo –un objeto, un entorno, una idea– trazando líneas sobre una superficie. Por este motivo entendemos que el dibujo no es únicamente una expresión artística sino también un instrumento práctico con el cual se formulan y abordan los problemas de diseño”*<sup>18</sup>. El alcance que logre el entendimiento dependerá del vocabulario de diseño, entendiendo que su idioma se forma no solamente de palabras, sino también de imágenes, las cuales incidirán en la percepción del problema y en la forma de lograr solucionarlo.

“En planta, dos puntos pueden servirnos para evidenciar un acceso. El alzado de estos dos puntos nos define un plano de entrada y una línea de aproximación perpendicular al mismo. En arquitectura, una línea puede ser, más que un elemento visible, un elemento imaginado. Aunque

<sup>17</sup> Sartori, Giovanni. 1998. Homo Videns. La sociedad teledirigida. Buenos Aires: Taurus, 1998. (pp. 25).

<sup>18</sup> Ching, F. D. (2012). Dibujo y proyecto. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. (pp. 3).

el *espacio* arquitectónico existe en tres dimensiones, en su forma puede ser línea, a fin de adaptarse a la circulación a través del edificio y vincular así unos espacios con otros. A lo largo de la historia, los elementos verticales lineales han generado la idea de las columnas, los obeliscos y las torres. De igual manera, estos elementos verticales lineales se emplean para definir volúmenes ideales en el espacio. Un plano, en la composición de una construcción visual, sirve para definir *los* límites de un volumen. La lectura y la realización de las representaciones gráficas de un proyecto han de atender por igual a la forma de la masa que contenga un volumen de espacio y a la forma del propio volumen espacial.”<sup>19</sup>

- Representar: Representatio del latín “repetir una acción o efecto”. Hacer presente algo con palabras o figuras que la imaginación retiene.
- Presentar: *Praesentare* del latín “estar delante”. Dar a conocer algo.  
(RAE, 2018), (Urrea, 2010)

A principios de la digitalización, la creación de ideas se realizaba a través de objetos físicos fabricados manualmente, los cuales posteriormente eran sometidos a un proceso de traducción a partir de escaneos tridimensionales, un buen ejemplo para esto es Frank O. Gehry, cuyas maquetas construidas a mano se virtualizaban para poder generar modelos que permitieran analizar los componentes que lograrían su construcción, prueba de esto es la pérgola de “pez dorado” localizada en la Villa Olímpica de Barcelona. Esto demuestra este proceso de transcripción de una situación analógica a un mundo virtual.<sup>20</sup>

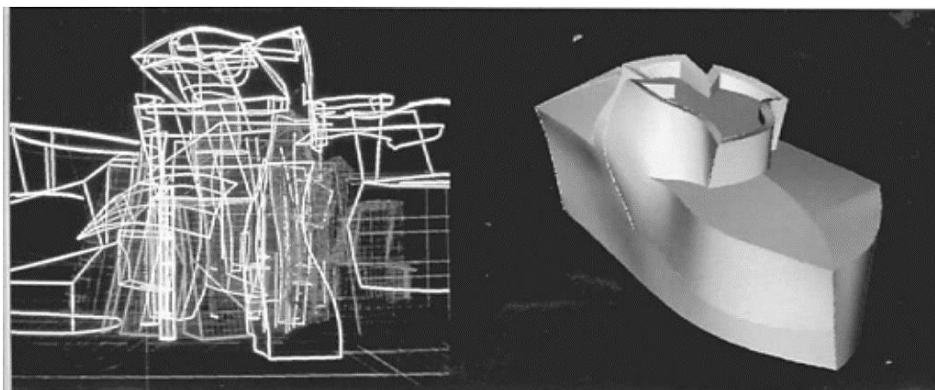


Imagen 1.  
Rasterización  
de trama y  
apariciencia de  
forma.<sup>20</sup>

En la actualidad este proceso que va de lo físico a lo digital no es común. Y con el desarrollo de la tecnología ha surgido un proceso opuesto, pasando de lo digital a lo físico. Surge la contraposición de ideas, siendo así que hay quienes pretenden visualizar el dibujo arquitectónico como un arte,

<sup>19</sup> Ching, F. D. (2002). ARQUITECTURA. Forma, Espacio, & Orden. España: Ediciones G. Gilí. (pp. 95).

<sup>20</sup> Osman, Y. (2001). The Use of Tools in the Creation of Form: Frank (L. Wright & O. Gehry). *ACADIA*. (pp. 44 – 51.), (Imagen 1, pp. 48).

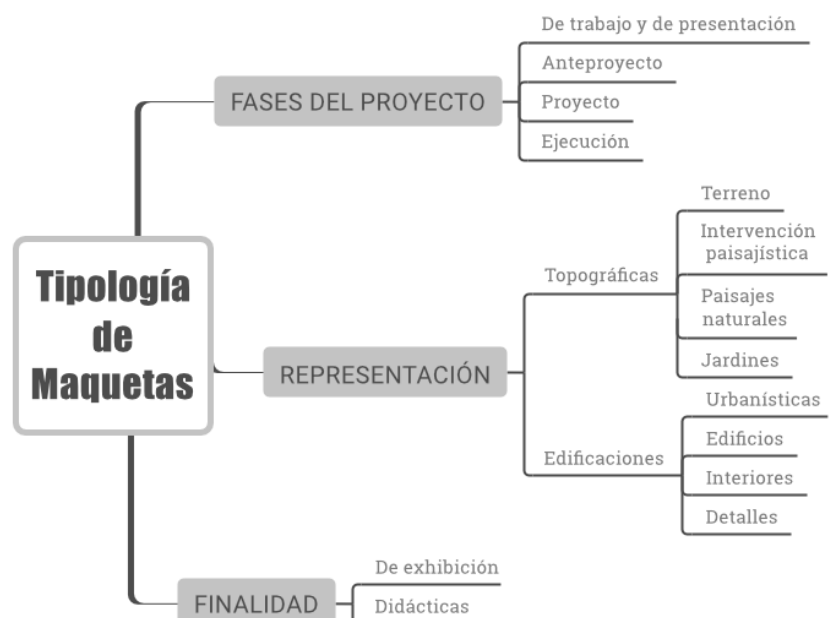
convirtiéndolo en un arte visual más; por el otro lado, existiendo también el caso donde se reduce el dibujo a un simple instrumento o herramienta.

La realización de maquetas y modelos es otra manera de representación, aun cuando ambos términos tienen diferentes usos; el modelo tiene por finalidad un uso esquemático desde el cual parte una idea y que puede sufrir modificaciones a través del proceso creativo de su confección adoptando soluciones finales muy alejadas de las primeras ideas. A diferencia, la maqueta funciona como reproducción tridimensional y a escala reducida de un objeto o edificación, teniendo la intención de simular y recrear. Sin embargo, en los proyectos arquitectónicos las maquetas funcionan como una previsualización de la obra a construir, ubicándose en un escenario que intenta reproducir al real, realizado en una fase intermedia entre la idea inicial y la construcción final.

El término maqueta deriva de la palabra francesa *maquette* que a su vez proviene de la italiana *macchietta*, diminutivo de *macchia*, que significa “boceto”, pero también de “mancha”. El vocablo italiano deriva a su vez del latín *mácula* y éste de *maculare* que significa “manchar”.<sup>21</sup>

Es un instrumento imprescindible para la presentación y comunicación de los proyectos, pero también para valorar y comprobar las soluciones ideadas, pues permite reproducir la organización estructural y la composición espacial y volumétrica del conjunto, además de mostrar detalles de la construcción: materiales, colores, texturas, interrelación con el entorno, etcétera.<sup>21</sup>

Funciona como un instrumento de comunicación que en esencia hace posible comprender la arquitectura de manera integral facilitando su entendimiento incluso para quienes no están instruidos en esta disciplina, ya que expone las relaciones y características espaciales, volumetría, e inclusive a mayor detalle los colores, texturas y acabados. Mostrando una



**Diagrama 1.** Tipología de las maquetas. Datos tomados de (Miró, Carbonero, & Coderch, 2010)

<sup>21</sup> Miró, E. P., Carbonero, P. P., & Coderch, R. P. (2010). *Maquetismo Arquitectónico*. España: Parramón. (pp. 10 - 11).

función predictiva, reconstructiva o de visión remota, es decir, arquitectura que, por su distancia, es imposible presenciar en ese momento; o bien porque no existe ya que no ha sido construida, inclusive si es porque ha sido destruida. Configura un importante elemento de comunicación, por su carácter como representación sintética de la arquitectura, permite comprender los diversos elementos que componen un edificio, ya sea en su estética, estructura, volumetría, etc., permitiendo visualizar desde cualquier ángulo, incluso en situaciones ficticias o de imposible visualización en situaciones reales, logrando llegar a ofrecer una función lúdica.

De ahí que existe la incógnita, hasta qué punto una herramienta logra sustituir a otra, es así que *“los artistas plásticos se preguntan si es posible el reemplazo de la paleta y el pincel por un teclado, o una prensa de grabado por una impresora. Los arquitectos se preguntan si es posible imaginar el espacio y resolver con los programas de computación, por el método de la prueba y el error, todos los problemas que hasta hoy se resolvían dibujando o realizando maquetas”*<sup>22</sup>. Sin embargo, hay teóricos que tienen una clara idea de cómo la concepción funciona de manera independiente, Le Corbusier menciona que la arquitectura no es el arte de representar, ni del uso de alguna herramienta, solo es un medio de comunicación; *“la arquitectura es una concepción de la mente. Debe ser concebida en su cabeza con los ojos cerrados. Sólo en esa forma puede visualizar su proyecto. El papel es sólo un medio para anotar la idea y transmitirla al cliente o al constructor. La arquitectura es organización. El arquitecto es un organizador y no un estilista de tablero de dibujo”*.<sup>23</sup>

Logrando así llegar a una mezcla de funciones y sentidos, uniendo sonido, imagen e información para conseguir un sistema complejo llamado multimedia. *“Se percibe una cierta divergencia, aunque sea artificial, entre la tecnología y las humanidades, la ciencia y el arte, entre el hemisferio derecho del cerebro y el izquierdo, pero creo que el mundo emergente de los multimedia será una de las disciplinas que, como la arquitectura, hará de puente”*.<sup>24</sup>

### 2.1.3. De la representación manual a la gráfica digital

La pintura es una de las maneras más primitivas de representación que ha facilitado la comunicación y alcanzado a trascender en el tiempo, claramente ejemplificado en las pinturas rupestres, las obras más antiguas que conocemos tienen aproximadamente 66,700 años, donde fue posible plasmar

<sup>22</sup> Cerkez, B. T. (1999). Una lección de la Historia: El nacimiento del dibujo arquitectónico. En *Arte, Individuo y Sociedad*. Eslovenia: Ministerio de Educación de Eslovenia.

<sup>23</sup> Le Corbusier, *Op.cit.*, (pp. 68-69).

<sup>24</sup> Negroponte. (1995). *Being Digital*. (M. Abdala, Trad.) España: Ediciones B, S.A, (pp. 53-54).

sucesos y en algún momento empezó a tener una intención artística. *“El arte no nació de una intuición fulgurante, sino que es fruto de una lenta evolución de nuestras facultades cognitivas. Por otra parte, los orígenes del arte coinciden más o menos con las primeras manifestaciones de ciertas facultades específicamente humanas: el pensamiento abstracto y simbólico, la comunicación elaborada, la conciencia de sí mismo”*.<sup>25</sup>

Tras la creación de la escritura en Mesopotamia y posteriormente en Egipto, aparecen las primeras maneras de representación de planos arquitectónicos en tablillas de arcilla y papiros. Mientras tanto el tiempo avanza, los sucesos enlazados demuestran impresionantes incidencias, tal es la aparición de la República de Roma, mientras que en Grecia se desarrollan los inicios de la geometría.

En la época medieval (siglo V-XIV), y durante su extensa duración de oscurantismo, bloqueo y oculto los avances que pudieron haberse dado en su momento, siendo así que el conocimiento quedó restringido al uso de unos cuantos grupos, principalmente eclesiásticos y gremiales, que concentraban una gran cantidad de tratados, teorías y técnicas.

El desarrollo de nuevas técnicas da enormes avances en el renacimiento temprano italiano (Quattrocento, siglo XV) con la aparición de importantes teoristas del arte, arquitectura y matemática como fueron Filippo Brunelleschi, Piero della Francesca y Luca Pacioli, los cuales estudiaron y perfeccionaron el método de la perspectiva central, para posteriormente demostrar su utilidad a través de sus propósitos individuales y además generando importantes tratados que contribuyeron y dejaron marca en sus áreas de estudio respectivamente.

Simultáneamente, se da la aparición y difusión de la imprenta, y la concepción y estandarización del dibujo arquitectónico como respuesta de los avances logrados, un buen ejemplo de esto fue el inicio del dibujo ortogonal diédrico desarrollado por Danielle Barbaro, basado en la representación de los objetos a través de la proyección de líneas en los planos horizontal y vertical que permitirían sacar las planta y alzados.

A lo cual, responde con crecimiento de imperios y descubrimientos científicos, tal es el lapso en el cual aparece en el mapa el continente americano y Hernán Cortés inicia su exploración. Igualmente, como la aparición de teorías principalmente enfocadas a cuestiones astronómicas, como son el modelo heliocéntrico de Copérnico o el movimiento de los planetas de Kepler.

Inician importantes avances científicos en el siglo XVII, la primera calculadora aparece con Blaise Pascal, el cual construye una máquina a base de engranes conocida como pascalina. Gottfried

<sup>25</sup> Bednarik, R. (Abril de 1998). Los primeros testimonios del espíritu creador. *El Correo de la UNESCO*. (pp. 04-10).

Leibniz desarrolla el cálculo infinitesimal y el sistema binario. Mientras tanto, René Descartes plantea la geometría coordenada, también conocida como coordenadas cartesianas. A la vez, eclipsado por Descartes, Gérard Desargues continuó desarrollando las teorías renacentistas de la perspectiva y estableció la geometría proyectiva (descriptiva).

Durante los siglos XVIII y XIX, grandes músicos clásicos convergen en un tiempo establecido, la máquina de vapor como invento revolucionario, e importantes movimientos de bélicos de independencia, abolición y sucesión establecen puntos de inflexión en la sociedad. El interés en progreso militar conlleva a seguir desarrollando métodos geométricos para la representación gráfica entre ellos el sistema acotado, el axonométrico e isométrico. Aparece un nuevo sistema de proyección cartográfica a manos de Johan H. Lambert y la línea de nivel utilizada para el desarrollo topográfico de Philippe Bouache, y la aplicación del método del triángulo áureo de Antonio Palomino.

Las maquetas surgen como una necesidad de representar los objetos a menor escala con el mismo valor de expresión. Sin embargo, en castellano la palabra maqueta es de uso muy reciente, pues hasta el siglo XVIII no aparece como parte del vocabulario de bellas artes y no se impone hasta el siglo XX.<sup>26</sup>

Y durante el siglo XIX, inicia como valor objetivo la información, llevando a una nueva era emparejada a la Revolución Industrial, un movimiento basado exclusivamente en la producción material y con sentido puro en el capital. Llevando a su aparición la ampolleta eléctrica de Edison, la cual conllevaría a la construcción de mecanismos eléctricos. Dejando registro de esto el ingeniero Herman Hollerith, que en 1890 construye una maquina eléctrica que funcionaba a base de tarjetas perforadas con la finalidad de almacenar una enorme cantidad de información, y la cual fue puesta a prueba con la realización de un censo en Estados Unidos. Mientras tanto, el precedente a la visión 3D inicia con las imágenes estereoscópicas, las cuales funcionan a través de dos canales, izquierda y derecha. La guerra sigue en pie, y nuevos artilugios surgen, como la máquina de vapor. En Europa, Napoleón lidia con una larga batalla.

La computadora aparece como respuesta a las necesidades generadas por la guerra, se considerada como un invento bélico útil para la Segunda Guerra Mundial. Para esto fue necesario retomar el estudio de las máquinas de cálculo, *“arrancaba con la máquina de sumar de Blaise Pascal y Wilhelm Schickhard, pasando por la máquina de multiplicar de Gottfried Leibniz y que tenía su origen a principios del siglo XIX con Charles Babbage, quien desarrolló el primer modelo de máquina computacional. Por otro lado, la segunda línea dependía del desarrollo de lenguaje matemático y*

<sup>26</sup> Miró, Carbonero, & Coderch, *Op.cit.*, (pp. 10).

en ella encontramos la aritmética binaria de Gottfried Leibniz, la lógica matemática de George Boole, las operaciones booleanas de Claude E. Shannon y los trabajos de computación con algoritmos de Alan Turing”.<sup>27</sup>

A partir de 1950 el desarrollo de NURBS empezó por ingenieros que necesitaban la representación precisa de superficies usadas en carrocerías de automóviles, exteriores aeroespaciales y cascos de barcos.<sup>28</sup>

Aunque la velocidad del cambio es más rápida que nunca, la innovación la determinan no tanto los avances científicos (el transistor, el microprocesador o la fibra óptica) como las nuevas aplicaciones: la informática móvil, las redes globales y los multimedia.<sup>29</sup>

La etapa de la guerra fría promueve un desarrollo exponencial de tecnología, asistiendo a toda una diversidad de ciencias, desde la cinematografía con el Sensorama hasta los videojuegos y la realidad artificial, llevando a la NASA a generar un programa que asistiera en el desarrollo de la lanzadera que posteriormente sería usada para las nuevas naves espaciales, llevando a su mayor auge los programas CAD, y en concreto el AutoCAD. Que, alrededor de 1980, junto con las primeras computadoras personales, como Macintosh de Apple, permitieron a los usuarios aprender y dar uso de sistemas de dibujo como fue el ArchiCAD.

A pesar de que la computadora ha existido poco menos de un siglo, su mayor impacto hasta el momento reside con la aparición de la www (World Wide Web), plataforma que fue lanzada al público en el año de 1990. Ofreciendo una velocidad de transmisión sin precedentes, que como bien dice Lluís Ortega, “*tan solo comparable con la aparición de la imprenta*”, el impresionante auge de la digitalización sumado al desarrollo del Internet ha logrado una huella que ha marcado radicalmente los cimientos que conforman a la cultura contemporánea.

Con la llegada de la computadora la historia de la visualización arquitectónica se divide, entre una parte análoga y otra parte digital. Debido a que los modelos que se requerían para evaluar los costos son diferentes a los utilizados para el cálculo de estructuras y a su vez para el comportamiento energético. “*Con el modelado BIM se intenta potenciar la simulación para que un único modelo recopile y relacione simultáneamente todas las capas de información a tiempo real mientras se toman las decisiones de diseño*”.<sup>30</sup>

<sup>27</sup> Ortega, Lluís. *Op.cit.*, (pp.24-26).

<sup>28</sup> Cruz, F. G. (2011). *Arquitectura Digital: Aproximación al Proceso de Discretización del Diseño Arquitectónico*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. (pp. 94).

<sup>29</sup> Negroponte. *Op.cit.*, (pp. 50).

<sup>30</sup> Ortega, Lluís. *Op.cit.*, (pp. 125).



Llegando a las tecnologías de realidad virtual, haciendo especial referencia en los sistemas que simulan un entorno inmersivo de 360°, se conoce como tecnología nueva, sin embargo se considera que tiene una historia mucho anterior, según la Virtual Reality Society, el primer acercamiento aparece con los murales panorámicos del siglo XIX. “Pasamos de un simulador de vuelo temprano (1929) a la primera pantalla montada en la cabeza VR de Morton en 1960, a Neo experimentando todo el mundo como una simulación dentro de *The Matrix* en 1999. (...) En 1974, Myron Kruger combinó proyectores y cámaras de video en un entorno interactivo; fue el nacimiento de realidad aumentada tal como lo conocemos hoy”.<sup>31</sup>

#### 2.1.4. La Computación en México

La primera computadora en América Latina es custodiada por la UNAM, en 1950, la obtiene de manera rentada, ya que su costo esta fuera del presupuesto de la universidad, lo cual le llevó a ofrecer servicios a organismos y empresas paraestatales para crear rentabilidad y ganancia que pudiera sustentarse.

En la década de 1960, los principales de centros de educación como la IPN, la UNAM y la ESIME empiezan a desarrollar Centros de Cálculo, en los cuales estudiaban el funcionamiento de las computadoras y desarrollaban programas. A su vez, diversas organizaciones gubernamentales, aseguradoras y bancos inician obteniendo sistemas para asistir a sus funciones.

En 1963 inicia la difusión a través de cursos que ofrece la UNAM, basados en los lenguajes de programación FORTRAN, COBOL y ALGOL.

Para 1970, la ciencia se concentra en centros educativos y de investigación ubicados en zonas urbanas, lo cual llevo a un retazo tecnológico importante por la falta de infraestructura en los sectores rurales, repercutiendo en menores oportunidades para el desarrollo del país en general.

Mientras tanto, el sector de telecomunicaciones tuvo un gran desarrollo debido a importantes eventos como fue “el mundial de fútbol México 70”, logrando intercomunicar a través de casetas de larga distancia y líneas telefónicas.

---

<sup>31</sup> Tall, T. (2017). *DigitalMediaGroup*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de *Realidad Aumentada vs. Realidad Virtual vs. Realidad Mixta: Una Guía Introductoria*.

“En 1977 el sector público contaba con 270 computadoras, en el sector educativo la disponibilidad de equipos era aún menor; 18 de 156 instituciones públicas de educación superior tenían computadoras, 6 de 25 universidades y 5 de 15 institutos tecnológicos contaban con estos equipos.”<sup>32</sup>

Sin embargo, los bancos en búsqueda de actualización aplican nuevos mecanismos que mejoraran la velocidad y exactitud de transacciones, implementando el sistema On-Line en 1979, el cual interconectaba a una central de datos que generaba operaciones instantáneas y regresaba datos que confirmaban la validez.

A partir de 1980, es considerada como la década de las llamadas “microcomputadoras” que luego evolucionarían para convertirse en “computadoras personales”, ofrecían costos accesibles a la población promedio, permitiendo el uso de un único usuario sin la necesidad de servidores, a lo que, la Secretaría de Industria y Comercio estableció un programa de formato de la industria de cómputo nacional cerrando la frontera a las computadoras extranjeras.

Los primeros cursos digitales se realizaron en grupos experimentales, los famosos talleres paperless, donde la discusión disciplinar muchas veces quedaba subsumida a una experimentación tecnológica sobre unos medios y programas que evolucionaban rápidamente y sobre los que no había una vinculación tradicional en los procesos de diseño.<sup>33</sup>

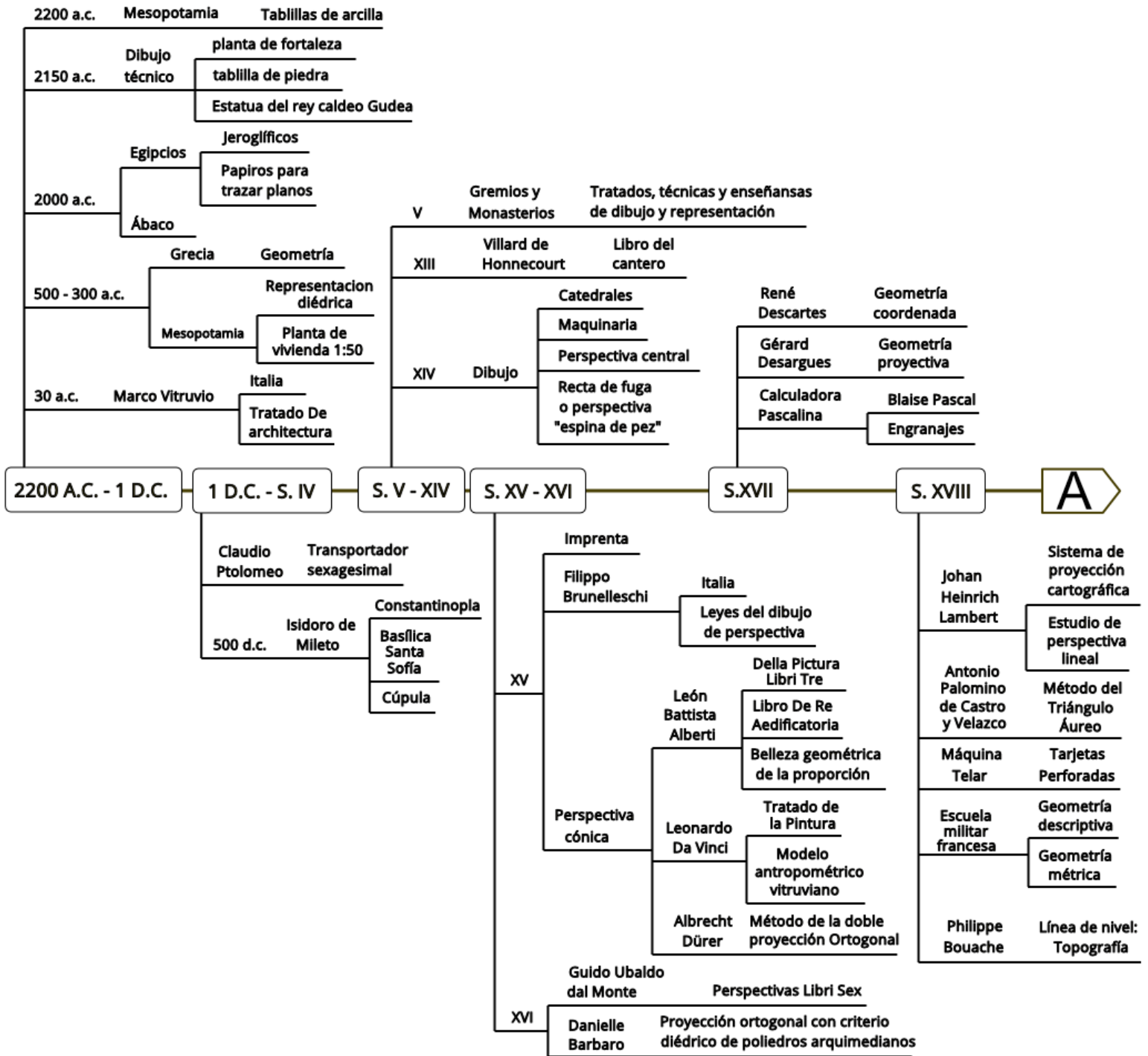
Revisar líneas del tiempo:

- Línea del tiempo sincrónica (historia general), **Mapa 1.**
- Línea del tiempo Tecnología-Arquitectura-Computación, **Mapa 2.**
- Línea del tiempo la computadora en México, **Mapa 3.**
- Línea del tiempo Realidad Virtual, **Mapa 4.**

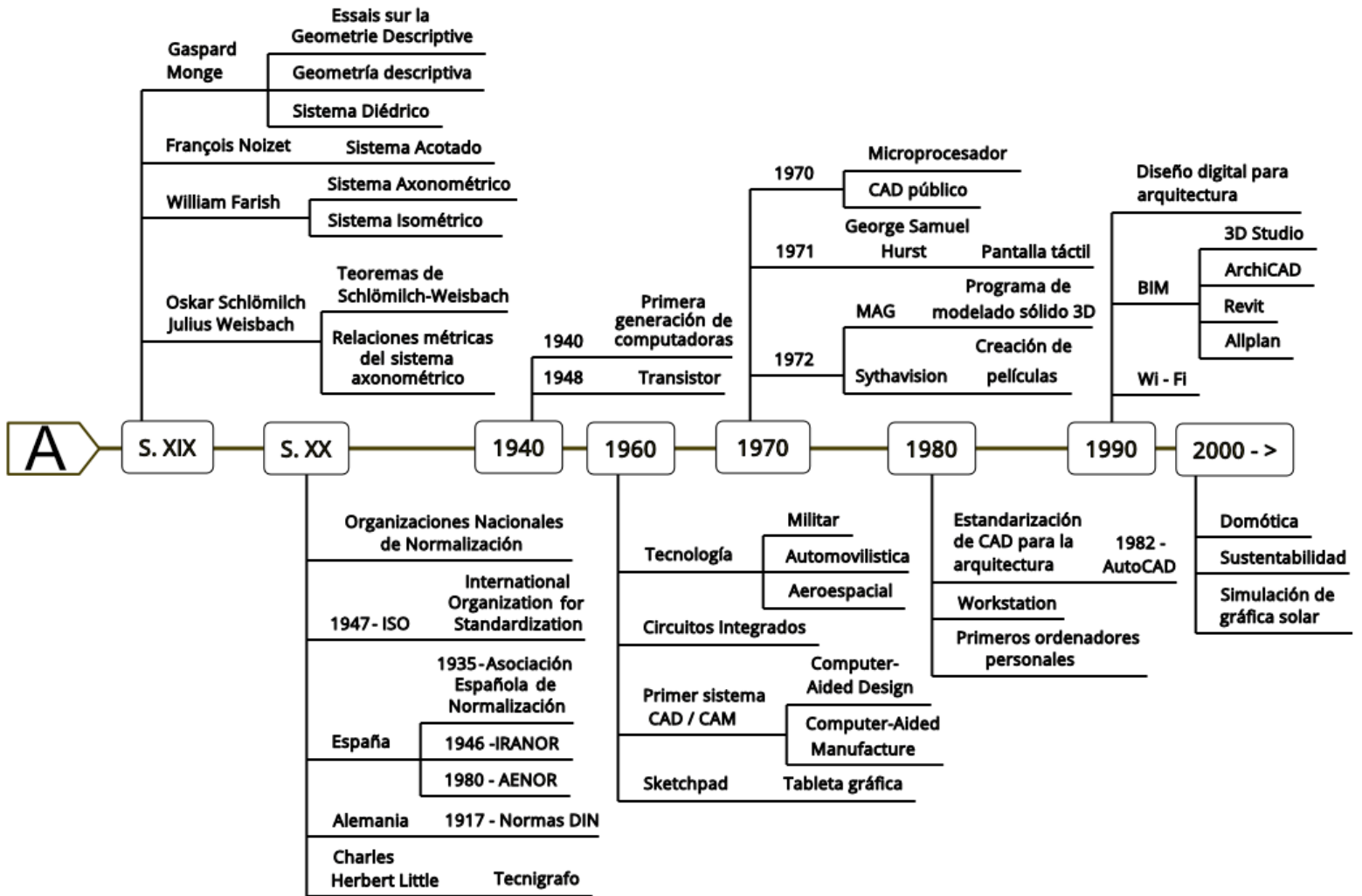
---

<sup>32</sup> Pantoja, I. D., & Magdaleno, I. A. (2007). *Historia De La Informática En Mexico: 1959-2003*. MÉXICO, D.F.: Fundación Arturo Rosenblueth. (pp. 106).

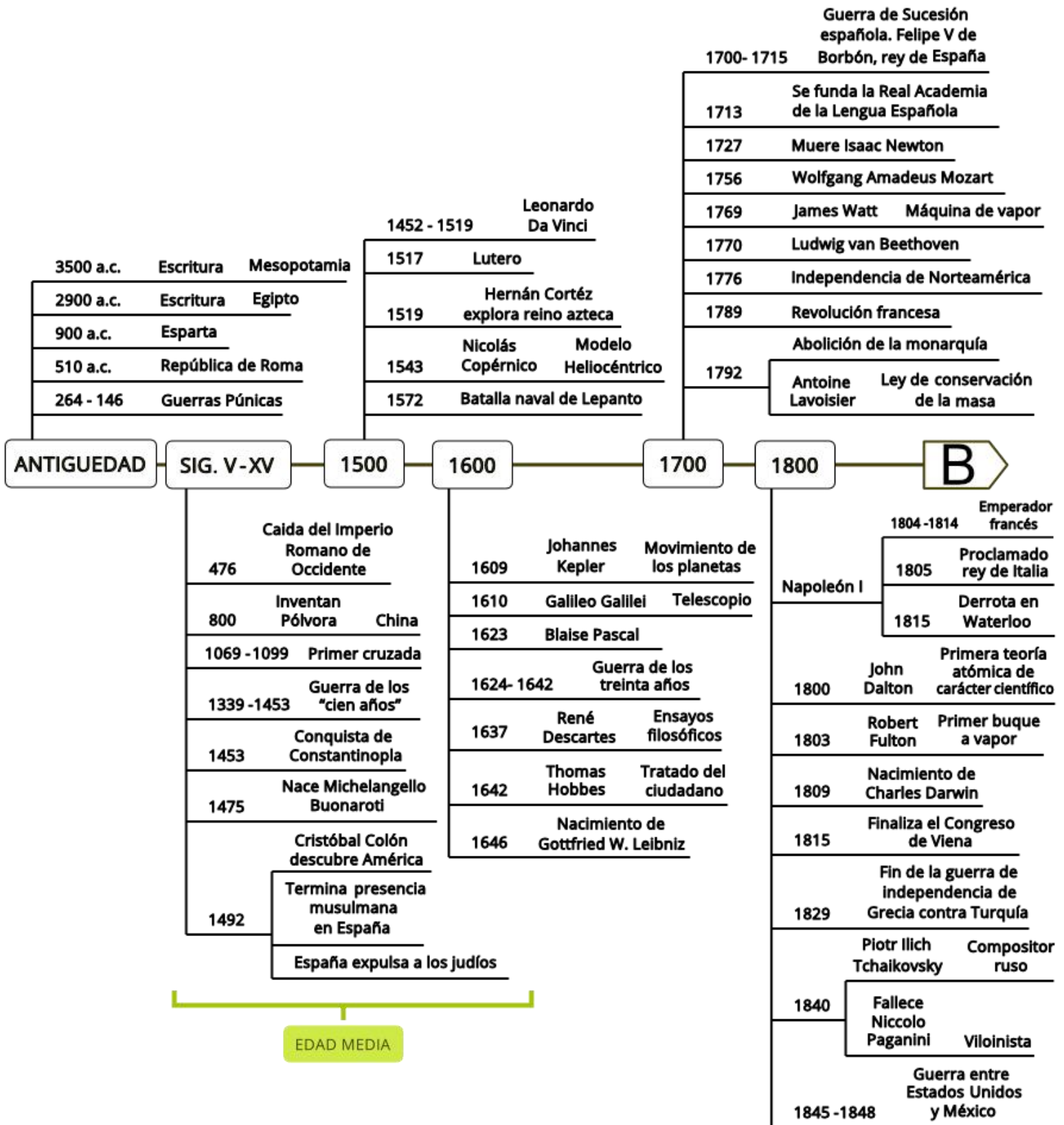
<sup>33</sup> Ortega, Lluís. *Op.cit.*, (pp. 132).



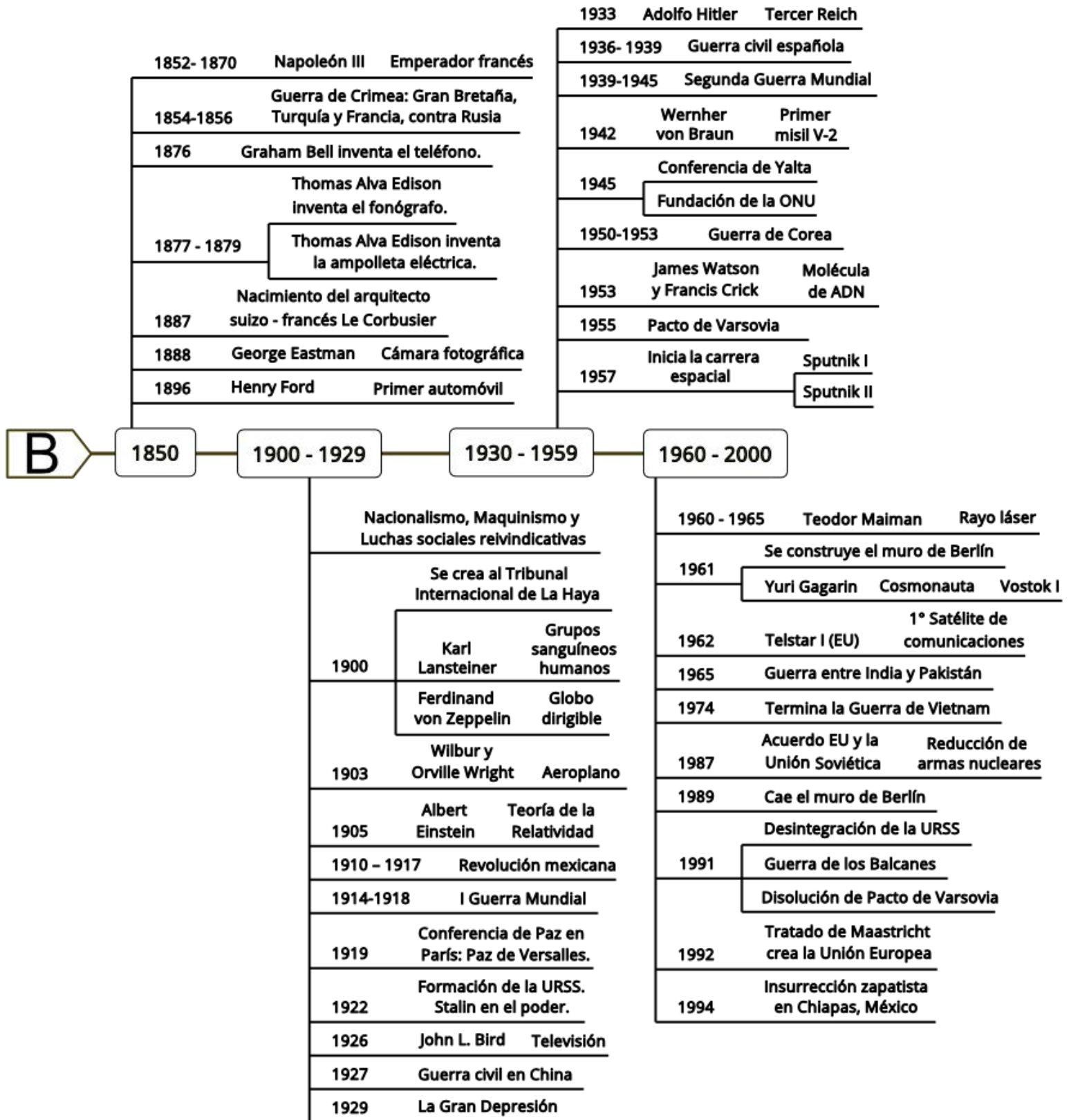
**Mapa 1.** Línea del tiempo Tecnología-Arquitectura-Computación. **Parte 1.** (Pallares, 2014), (Zambrano, 2017), (Sola, Sora, Tierz, & Díaz, 2011) (Elaboración propia)



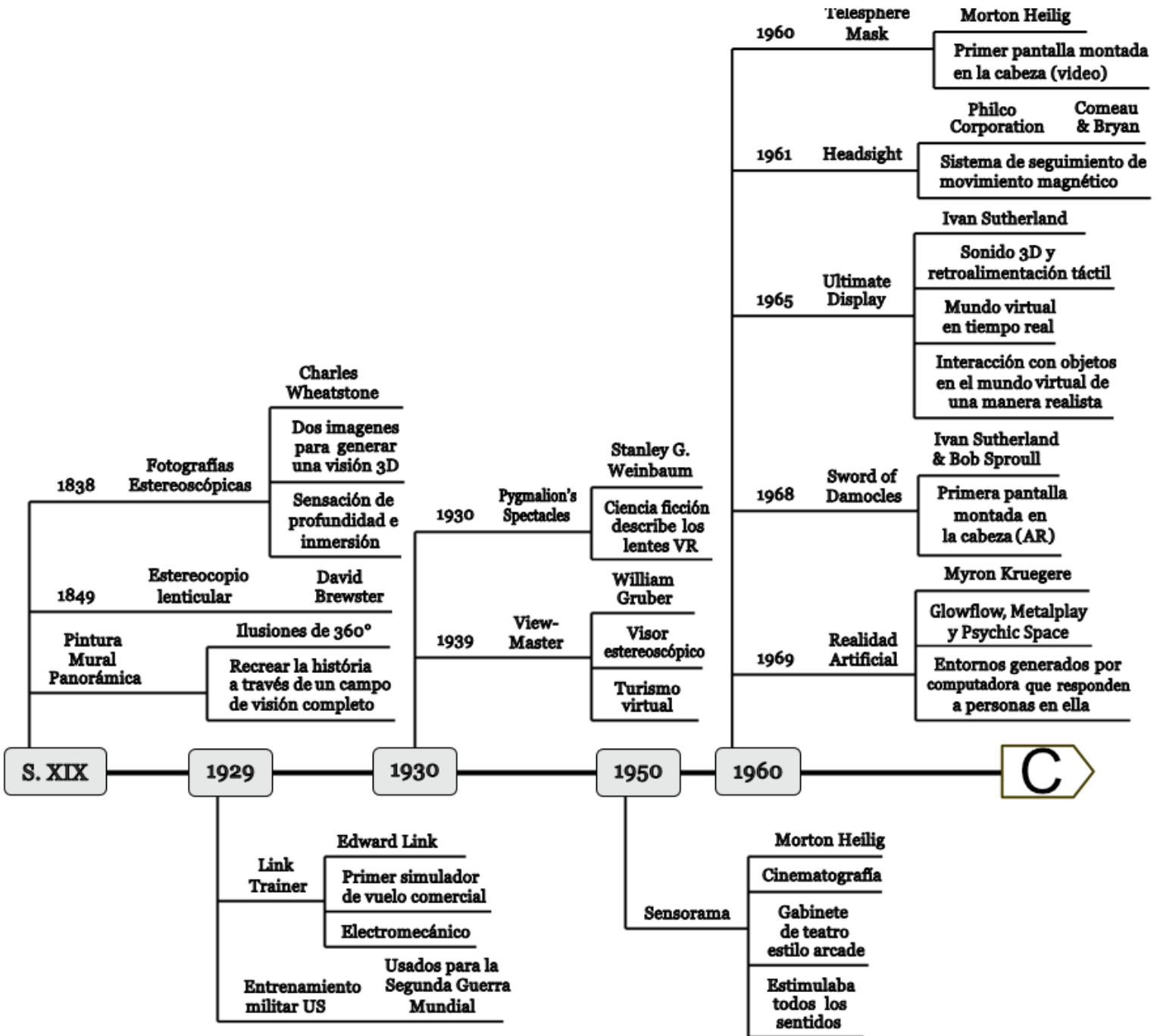
**Mapa 1.** Línea del tiempo Tecnología-Arquitectura-Computación. **Parte 2.** (Pallares, 2014), (Zambrano, 2017), (Sola, Sora, Tierz, & Díaz, 2011) (Elaboración propia)



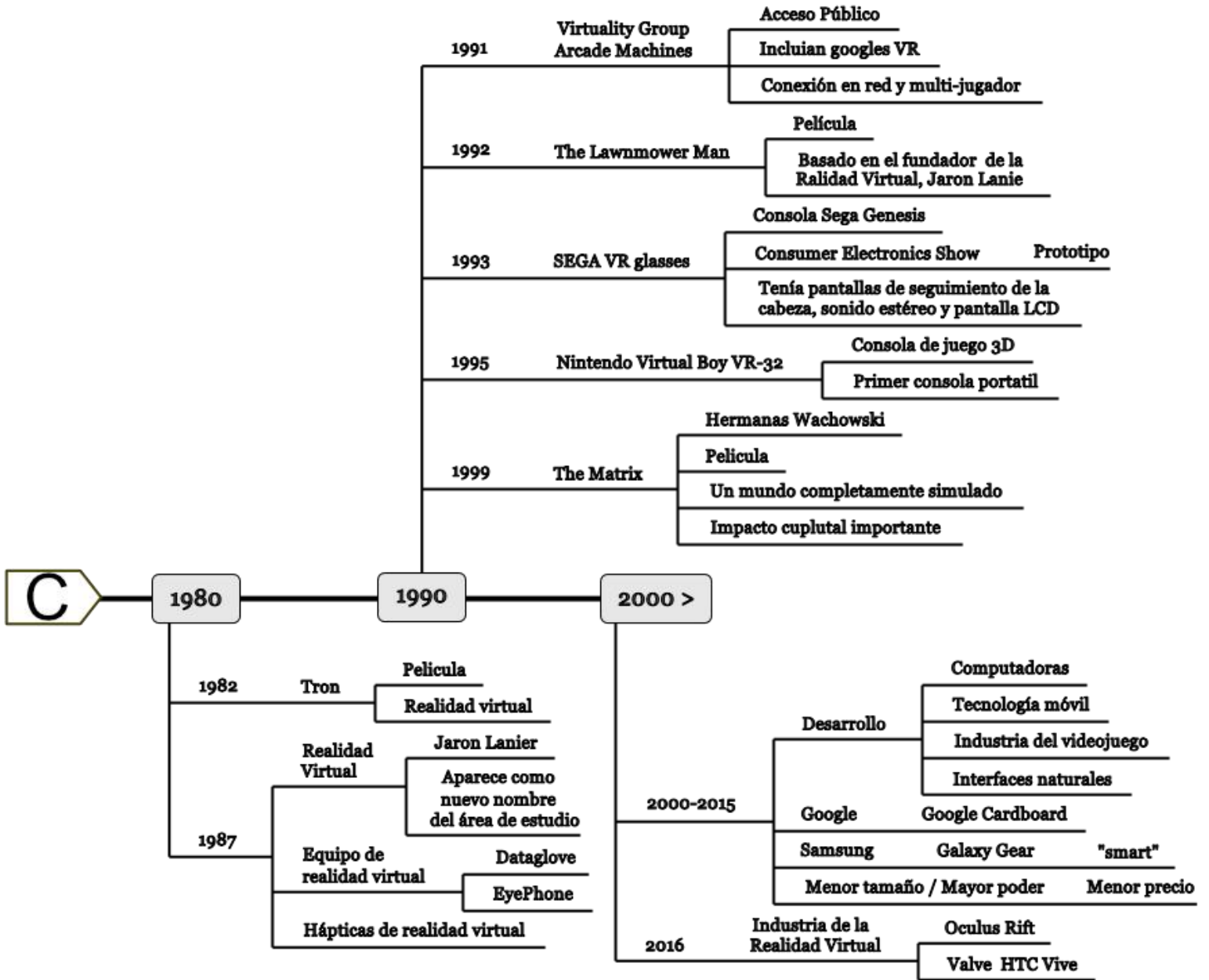
Mapa 2. Línea del tiempo sincrónica (historia general). Parte 1. (historiaunida, 2011) (Elaboración propia)



Mapa 2. Línea del tiempo sincrónica (historia general). Parte 2. (historiaunida, 2011) (Elaboración propia)

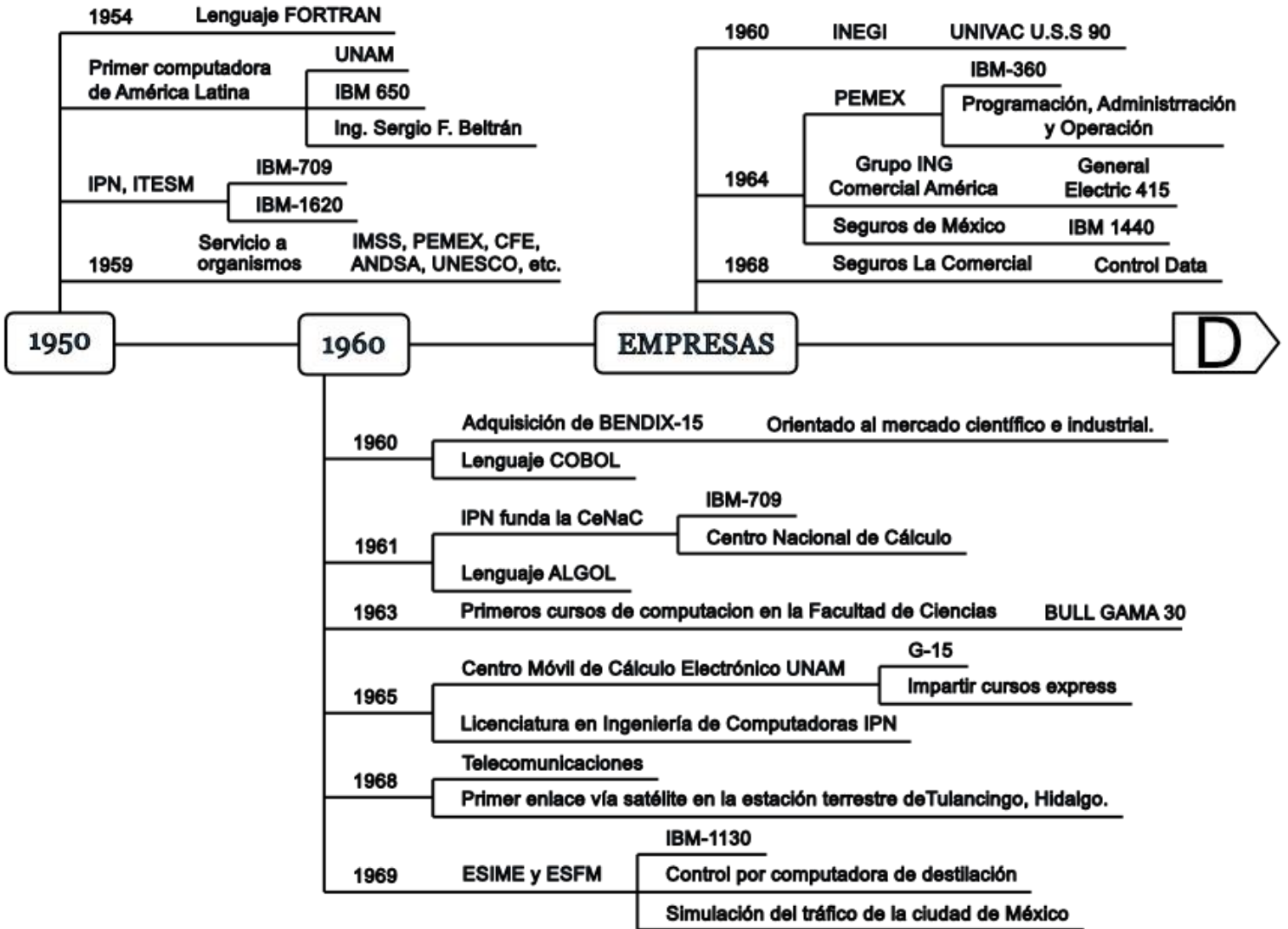


Mapa 3. Línea del tiempo Realidad Virtual. Parte 1. (Virtual Reality Society, 2017) (Elaboración propia)

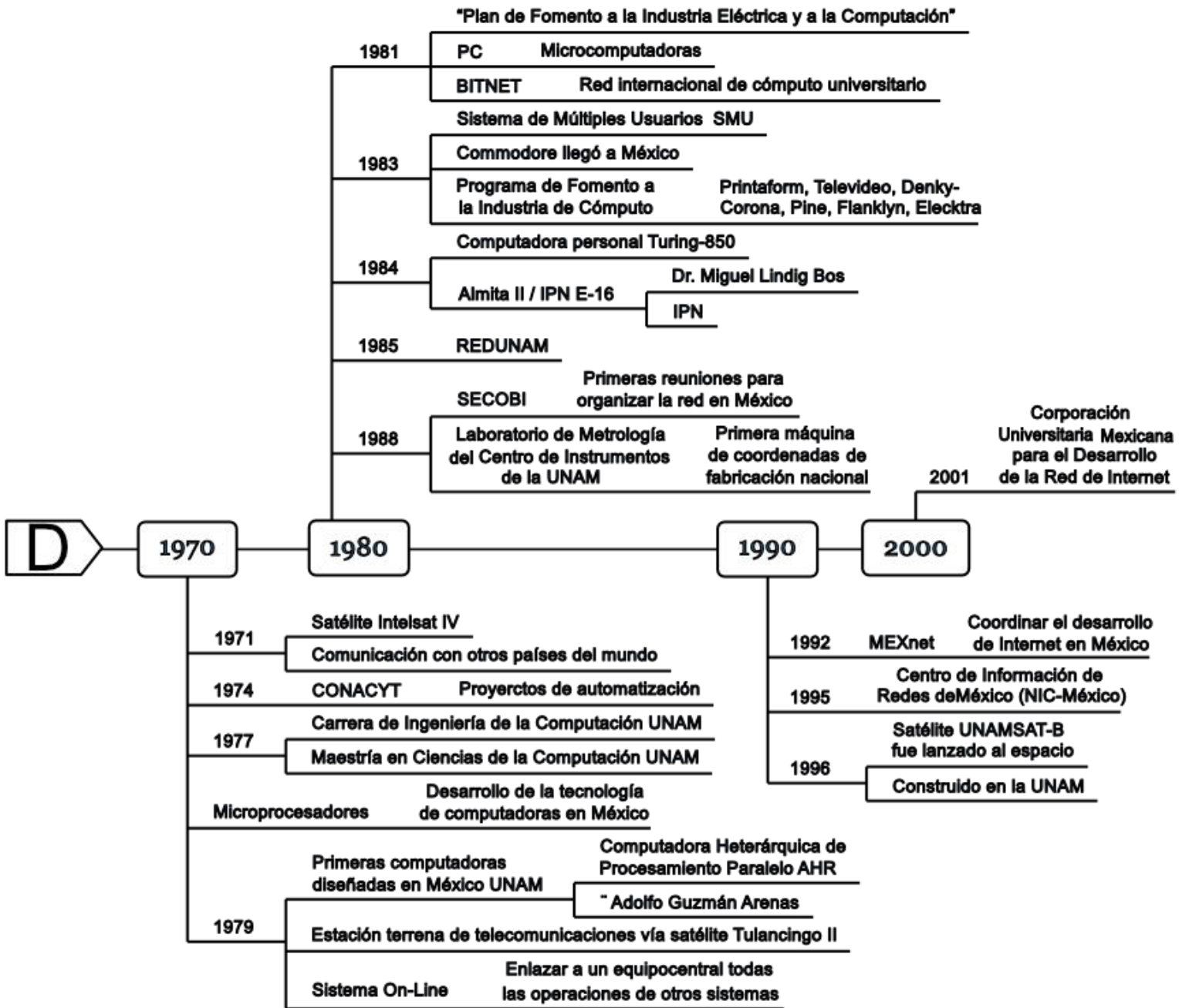


Mapa 3. Línea del tiempo Realidad Virtual. Parte 2. (Virtual Reality Society, 2017) (Elaboración propia)





Mapa 4. Línea del tiempo la computadora en México. Parte 1. (Pantoja & Magdalena, 2007) (Elaboración propia)



Mapa 4. Línea del tiempo la computadora en México. Parte 2. (Pantoja & Magdaleno, 2007) (Elaboración propia)

## 2.2. ¿Computadoras?

*“Parte de la inhumanidad de las computadoras es que, una vez que están programadas competentemente y trabajando correctamente, son completamente honestas” (Isaac Asimov)*

Desde sus inicios, la humanidad ha requerido del trabajo manual ya que este ha sido la base del desarrollo, sin embargo, en cualquier actividad común se ha buscado la manera de facilitar sus labores diarias y es así como aparece como primera intención la herramienta. Su inicio está marcado por las herramientas manuales, los cuales requerían únicamente el esfuerzo humano para funcionar. Desde la creación de armas que asistirían a la supervivencia primitiva, se fue desarrollando la evolución, que propicio la congregación de grupos humanos con nuevos y diferentes requerimientos, así pues, fue de gran necesidad crear sistemas para levantar muros, trabajar la madera, hacer caminos, fabricar todo tipo de ropajes, etc. Posteriormente surgen otras maneras de fuente de energía las cuales aprovechaban recursos hidráulicos, neumáticos y eléctricos, lo cual provocó una nueva clasificación conocida como máquina herramienta.

- La palabra herramienta proveniente del latín; ferrum (hierro) y mentum (instrumento): ferrumentum (instrumento de hierro).
- La palabra instrumento del latín, instruo (construir), mentum (acto, resultado): Instrumentum (Acto de construir). Instrumento es el resultado de una construcción y la herramienta es el resultado de una construcción en hierro.

(Urrea, 2010)

A partir de una comparación de manera simplificada, *“entre un cuchillo de piedra y una sierra mecánica hay muchas diferencias, una distancia temporal que se cifra en miles de años y una distancia tecnológica abismática. Pero ambos objetos sirven, básicamente, para lo mismo, y la aparición de esta no se entiende sin la existencia previa de la otra, de la que es su evolución lógica. Ambas son ejemplos, distantes en el tiempo, de herramientas manuales, esos instrumentos que el hombre ha ideado como prolongación y mejora del trabajo de su propia mano”*.<sup>34</sup>

Máquina del latín *māchina* y del griego *μηχανή* (Aparato, que recibe y transforma energía), y aparato del latín *apparatus* (preparar). (Urrea, 2010)

<sup>34</sup> Borràs, X. (20 de 09 de 2010). *Evolución histórica de las herramientas manuales*. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de Interempresas.

La cibernética, proveniente del griego kibernes hacer referencia a gobierno, timonel o control, sin embargo, obtiene una nueva concepción a partir de la época moderna (1948) a manos de Norbert Wiener. Quien lo utilizó para definir un sistema de lenguaje, permitiendo la definición de los principios básicos de una ciencia que ambicionaba estudiar fenómenos en los que la información se transformaba en acciones determinadas. Es así que se forma como una ciencia conductista; es decir, centrada en los estudios de comportamiento.<sup>35</sup>

Conclusión a la información que ofrecen las líneas de tiempo, la evolución de la informática ha avanzado de manera fuertemente exponencial, con un importante impacto económico, ofreciendo cada vez mayor potencia a menor costo y con mejores maneras de interacción usuario – computadora. “*Antes se consideraba frívolo e incluso antieconómico dedicar tiempo y dinero a la interfaz de usuario, porque los ciclos del computador eran tan valiosos que había que emplearlos en el problema, no en la persona*”.<sup>36</sup>

Con la llegada de la computadora ya no solo se habla de artista, sino de diseñador, ya que este busca implementar técnicas del arte de una manera digital por medio de la computadora con el fin de mejorar el aspecto de realidad<sup>37</sup>. En los últimos treinta años, la arquitectura ha sufrido una importante transformación, ya no existe el edificio como único objeto de estudio, también se considera el impacto en su entorno, igualmente la influencia sobre el contexto urbano, añadiendo a esto la huella que deja su existencia.

“El mundo digital es en esencia ampliable. Puede crecer y cambiar de una manera más orgánica y continua que los anteriores sistemas analógicos”<sup>38</sup>. Las computadoras tienen la capacidad de mejorar su estructura interna y externa sin la necesidad de ser completamente desechadas, se pueden añadir características, hardware y software para adaptarse como modelos con más potencia y menor esfuerzo.

En cierto sentido, lo digital concilia dos mundos hasta ahora antagónicos: el de la objetividad científica (producción industrial, seriada e indiferenciada) con el de la búsqueda de lo único desde lo artístico (el rastro de lo manual, la forma como expresión de un yo creador, único e individual). A fin de cuentas, operar desde lo digital implica someter el proceso creador a un marco altamente

<sup>35</sup> Wiener, N. (1958). *Cibernética y Sociedad*. (J. N. Cerro, Trad.) Argentina: Editorial Sudamericana. (PP. 15-26).

<sup>36</sup> Negroponte, *Op.cit.*, pp. 57.

<sup>37</sup> Ceballos, D. J., & Wiedmann, P. J. (2011). *Potenciar la Percepción en Espacios Arquitectónicos por Medio de la Realidad Virtual*. Colombia: Universidad ICESI, Facultad de Ingeniería. (pp. 15.)

<sup>38</sup> Negroponte, *Op.cit.*, pp. 31.

objetivo y tecnológico. Las formas generadas digitalmente mediante algoritmos pueden producir elementos individuales, pero también familias o series <sup>39</sup>.

*“Los humanos han utilizado sus talentos innovadores y su comprensión enriquecida de ciencia para crear tecnologías y herramientas para apoyar sus necesidades. Los sistemas informáticos son las herramientas más recientes y discutiblemente más complejas que los humanos alguna vez han creado. Su uso continúa evolucionando y crece a medida que aumentan su velocidad y capacidad”.*<sup>40</sup>.

La era tecnológica está en pleno desarrollo, presentando como bases principales la informática y las comunicaciones en red, otorgando la posibilidad de mayor difusión: lo manual pasa a segundo plano sin dejar de ser un importante respaldo. Sin embargo, esto puede generar temor a causa del cambio en la metodología, aun así, no existe la posibilidad de desplazar el arte de la arquitectura y habrá actividades irremplazables.<sup>41</sup>

La interactividad tomó mayor protagonismo e importancia en la era digital, pues se volvió necesaria para la masificación de esta tecnología, especialmente para un fácil entendimiento del manejo de estos dispositivos a nivel usuario (de ahí que deriven disciplinas como el estudio de la interacción humano-computadora) A esto podemos añadir que, como resultado de esto, las computadoras utilizadas como dispositivos de control terminaron por manejar los procesos interactivos de una manera nunca antes vista, esto por la capacidad que tienen de organizar, reaccionar a datos y manejar enormes cantidades de información en forma casi inmediata.<sup>42</sup>

### 2.2.1. ¿Qué es lo virtual?

*“La realidad virtual puede hacer que lo artificial parezca tan real, o incluso más que la propia realidad”* (Negroponte, 1995)

La tecnología se ha vuelto un elemento imprescindible de la vida diaria de las personas como sociedad y como individuos, y seguirá permeando conforme siga volviéndose más asequible. El progreso tecnológico no se detiene, sigue ajustándose constantemente, haciendo posible nuevas

<sup>39</sup> Ortega, Lluís, *Op.cit.*, pp. 104.

<sup>40</sup> Tripathi, K. (Febrero de 2011). A Study of Interactivity in Human Computer Interaction. *International Journal of Computer Applications.*(pp. 2).

<sup>41</sup> Negroponte, *Op.cit.*, pp. 33.

<sup>42</sup> Cartagena, R R. (2017). *De la reactividad a la interactividad en una obra musical-visual de soporte digital*. Chile: Universidad de Chile, Fac. de Artes.(pp. 21)

ideas, siempre proveniente de mentes creativas influenciadas por un tiempo y espacio único que sigue a los tiempos modernos.

Es por estas posibilidades que la realidad virtual ofrece oportunidades inigualables que incluyen la mayoría de las capacidades humanas, transmitiendo información de manera multisensorial, logrando que los usuarios involucrados en dicha tecnología puedan experimentar situaciones semejantes a las que ocurren en las mismas situaciones dentro del mundo real.

- Virtual, latín *virtus*; poder, facultad, fuerza o virtud. Que tiene existencia aparente pero no real, que existe en potencia, pero no en acto.
- Realidad, latín *realitas*, cualidad de las cosas. Lo que es efectivo o tiene valor práctico, existencia real y efectiva de algo.
- Realidad virtual: representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real. (RAE, 2018)

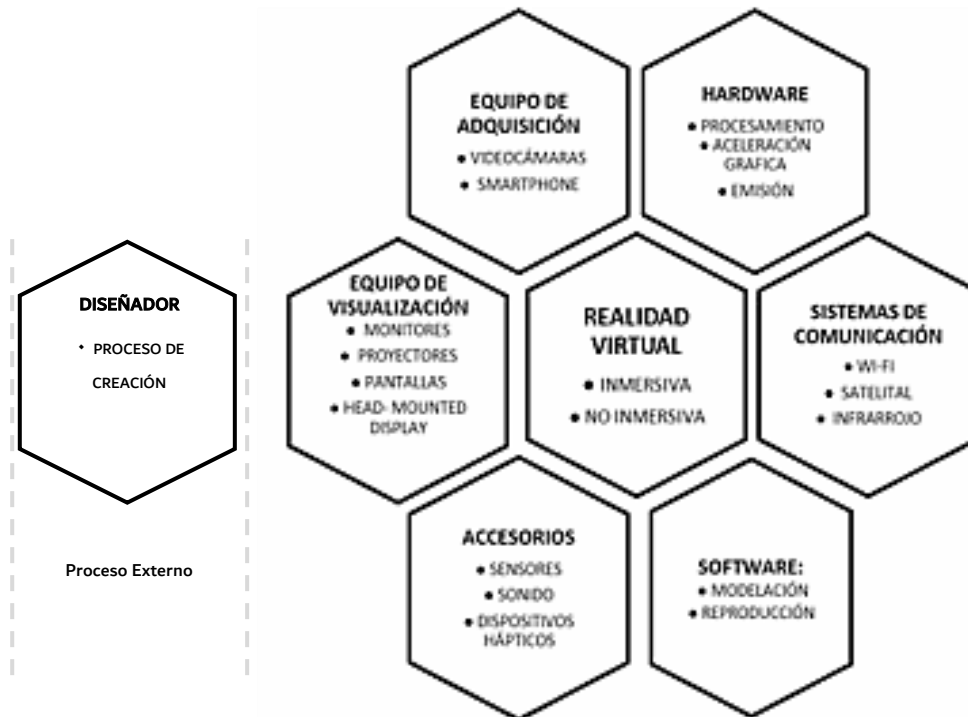
El resultado de esto es un *Render*, que es una imagen 2D generada a partir de una escena 3D, que proyecta una realidad casi exacta de un espacio imaginario. El computador le permite al diseñador jugar con los encuadres luego de haber construido el proyecto virtual, que a diferencia de la forma análoga, se tenía que definir primero el encuadre antes de dibujar.<sup>43</sup>

Ha sido el resultado eficiente a prácticas imposibles de realizar, con gran riesgo o pérdida, ofreciendo una importante innovación que ofrece una manera de aprendizaje sencilla y con aplicación en situaciones reales, esto debido a que se involucra de manera multisensorial al usuario, brindando experiencias que pueden ser tridimensionales, inclusive permitiendo experimentar, tomar decisiones, fallar y volver a intentar la cantidad de veces que sea necesario.

Digital, del latín *digitālis*, decir con los dedos. Los números que se pueden contar con los dedos, relativo al sistema binario. (RAE, 2018)

En el mundo real una idea de lo visible como lo es la piel representa un objeto que existe de manera aparente, al momento de aparecer la virtualidad la cual empíricamente funciona como rayos X, permite ver el interior del cuerpo sin dañar la piel, a través de membranas virtuales que hacen una traducción mediante medios visuales legibles.

<sup>43</sup> Ceballos & Wiedmann, *Op.cit.*, pp. 15.



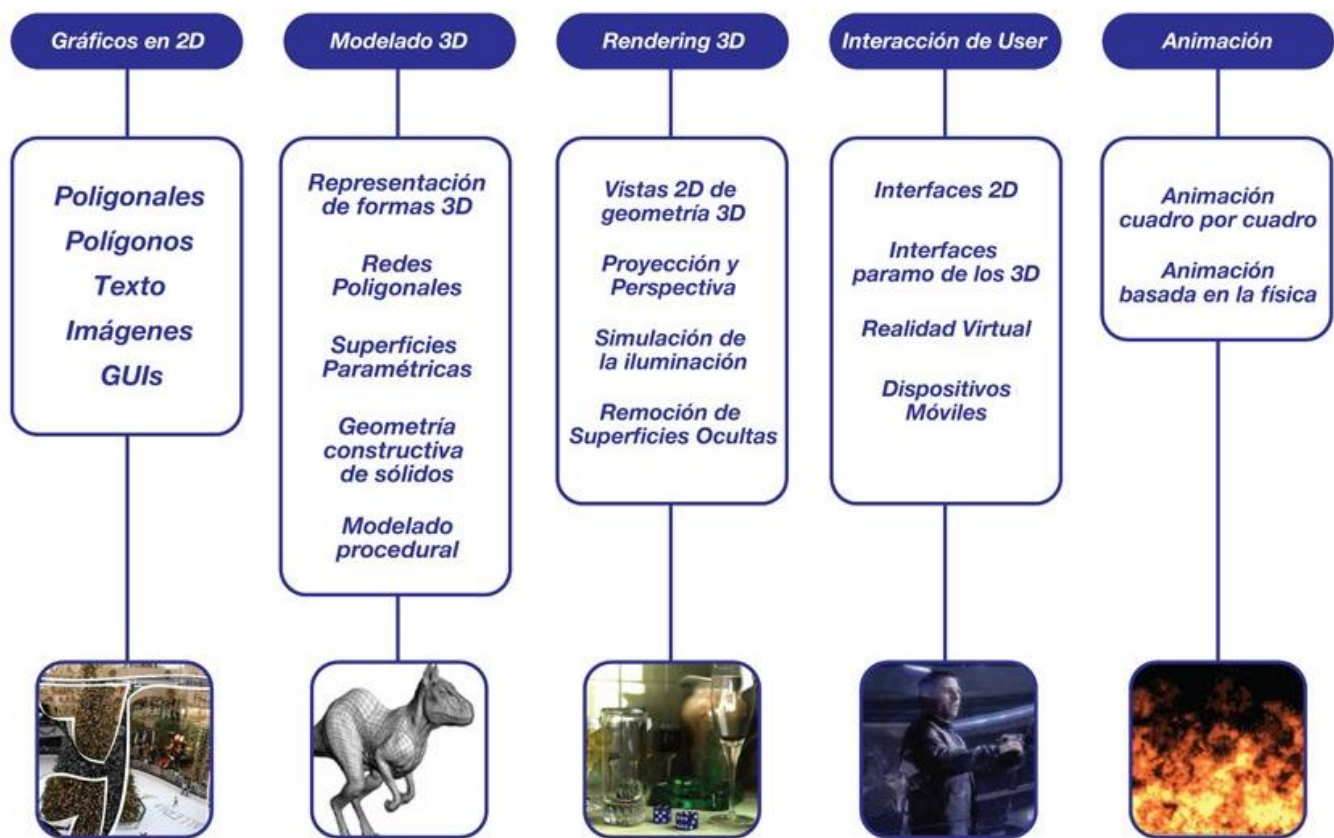
**Diagrama 2.** Convergencia tecnológica en el campo de la realidad virtual. (Cruz J. A., 2014)

“Los sistemas llamados de realidad virtual nos permiten experimentar además una integración dinámica entre diferentes modalidades perceptivas, reviviendo la experiencia sensorial completa de otra persona casi en su totalidad”<sup>44</sup>. Es así como ha ganado protagonismo gracias a su capacidad de expandir sensibilidades, modelos estéticos y lenguajes inclusivos para nuevos modos de prácticas colaborativas.

Hay varias herramientas de simulación disponibles y al alcance de una simple búsqueda en Internet. Las plataformas de computación actualmente ofrecen diversos mecanismos multimedia con intención de desarrollar interacción, basados en pocos o nulos conocimientos de programación, y van desde editores para gráficos de píxel y animaciones, hasta sistemas que integran recursos multimedia. La dificultad aparece cuando pretende desarrollar una interfaz a su medida. “Si un diseñador desea crear soluciones interactivas que no fueron imaginadas por los fabricantes de herramientas, él o ella deberá usar un lenguaje de programación”.<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Lévy, P. (1995). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.(pp. 20).

<sup>45</sup> Svanæs, D. (2000). *Understanding Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Interaction*. Trondheim, Noruega: NTNU. .(pp. 1).



**Diagrama 3.** Campos de Desarrollo de la Computación Gráfica. (Navarrete, 2010)

Y como es en el caso de muchos arquitectos, no tiene capacitación como programadores, y esto solo causa un obstáculo que no puede superarse fácilmente, siendo necesaria la inclusión de profesionales de otras áreas de estudio, como son ingenieros en computación y técnicos en programación que sean capaces de manejar lenguajes compatibles con las plataformas que se utilicen. Si dicha ayuda no está disponible, el diseñador queda inmovilizado y tendrá que conformarse con las soluciones no deseadas, bien menciona Svanæs, “*como el potencial de interactividad es la característica más poderosa de la computadora en comparación con otros medios, esta es una situación muy desafortunada*”.<sup>46</sup>

## 2.2.2. Interactividad

Entendemos por interacción la “*acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones, etc*”. Por lo cual mínimamente se habla de un sistema

<sup>46</sup> *Ibid.*, pp. 1.



bidireccional<sup>47</sup>. La interactividad puede ser usada como un sustantivo para significar un fenómeno general, o para significar una propiedad, por lo tanto, el usuario siempre interactúa con "algo". Lo que este "algo" es distinto para diferentes usuarios y diferentes situaciones.

Las primeras investigaciones sobre la interfaz hombre-computadora, realizadas a principios de los sesenta, se dividieron en dos partes que no volverían a reunirse hasta al cabo de veinte años. Una se orientaba hacia la interactividad, y la otra se centraba en la riqueza sensorial.<sup>48</sup>

La interactividad abordó la búsqueda de soluciones al problema de compartir un ordenador, que entonces era un recurso costoso y monolítico. La riqueza sensorial se investigaba a partir de la interacción gráfica con mucho ancho de banda. Los primeros gráficos por computador necesitaban una máquina dedicada por entero a suministrar la imagen. El principio no era distinto del que utilizan ahora las computadoras personales, pero ocupaba una habitación grande y costaba millones de dólares. Los gráficos por computador nacieron como un medio de dibujo lineal que exigía mucha potencia de procesamiento para controlar directamente el haz de luz del tubo de rayos catódicos.

Los gráficos por computador tardaron diez años en empezar a cambiar de trazos de dibujo lineal a representaciones de formas e imágenes. Las nuevas presentaciones, llamadas «pantallas punto a punto», necesitaban mucha memoria para almacenar la imagen. Hoy día son tan comunes que casi nadie sabe que al principio se las consideraba heréticas puesto que nadie creía en 1970 que la memoria de la computadora sería algún día lo bastante barata como para dedicar tanta a los gráficos.<sup>49</sup>

A medida que el computador fue perfeccionándose, las herramientas de visualización arquitectónicas virtuales también. El render pasó a formar un conjunto de imágenes que dio campo al video, en el cual la visualización no solo mostraba el espacio, sino que lo podía recorrer de una manera predeterminada, esta fue la primera sensación inmersiva básica para el usuario.<sup>50</sup>

Por lo tanto, *"la interactividad debería ser una característica intrínseca de los materiales multimedia que incrementase cualitativa y cuantitativamente la capacidad de los usuarios de intervenir en el desarrollo de las posibilidades que ofrecen los programas de manera que se*

---

<sup>47</sup> Cartagena, R. R. (2017). *De la reactividad a la interactividad en una obra musical-visual de soporte digital*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Artes. (pp. 21).

<sup>48</sup> Negroponete, *Op.cit.*, pp. 136.

<sup>49</sup> Negroponete, *Op.cit.*, pp. 61.

<sup>50</sup> Ceballos, D. J., & Wiedmann, P. J., *Op.cit.*, pp. 15.

*podiesen mejorar sus posibilidades de trabajo y aprendizaje”*<sup>51</sup>. Debido a que son capaces de manejar datos de una manera nunca vista, pues la capacidad que tienen para recabar, organizar y analizar enormes bancos de información de forma casi inmediata, ha permitido facilitar esta interacción.

La arquitectura virtual se retroalimenta y da prioridad a lo performativo frente a lo meramente descriptivo, a partir de simulaciones sobre su estructura, funcionalidad y entorno. *“A nivel conceptual nada impide el desarrollo de modelos n-dimensionales de los proyectos si se dispone de los conocimientos matemáticos adecuados. Otra de las grandes aportaciones de la tecnología digital es su capacidad para modelar fenómenos hasta ahora no representables.”*<sup>52</sup>

Es posible una aproximación global de un edificio desde diversos aspectos, con la posibilidad de ser dinámico y actualizable a partir de relaciones y sistemas paramétricos que finalmente generar una interrelación entre diferentes niveles de información que existen en cada elemento diseñando.

### 2.2.3. Conectividad - Tecnocosmos

A medida que nos interconectemos entre nosotros mismos, muchos de los valores del estado-nación cambiarán por los de comunidades electrónicas, ya sean estas pequeñas o grandes. Nos relacionaremos en comunidades digitales en las que el espacio físico será irrelevante y el tiempo jugará un papel diferente.”<sup>53</sup>

En el mundo digital, la información tiende a ser multifuncional y ser hipermedia, tiene la oportunidad de conectar muchas unidades para que funcionen el mismo tiempo y llegar de un polo hasta el opuesto en cuestión de segundos; ahora, el ciberespacio mezcla las nociones de unidad, de identidad y de localización.

Un ordenador conectado al ciberespacio puede recurrir a las capacidades de memoria y de cálculo de otros ordenadores de la red (que a su vez hacen otro tanto), así como a diversos aparatos distantes de captura y visualización de información.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> Estebanell, M. M. (2000). Interactividad e interacción. *Revista Interuniversitaria de Tecnología Educativa*, (pp. 93).

<sup>52</sup> Ortega, L. (2013). *Digitalization takes Command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. (pp. 141, 173)

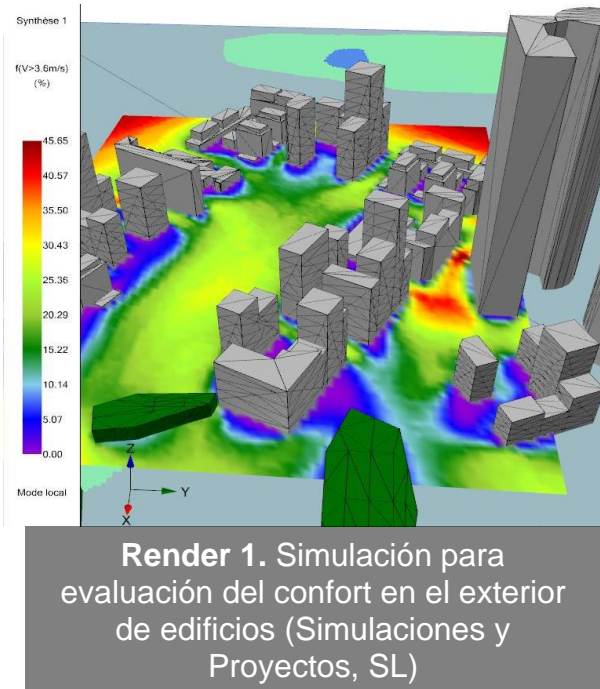
<sup>53</sup> Negroponte, *Op.cit.*, pp. 9.

<sup>54</sup> Ortega, Lluís, *Op.cit.*, pp. 36.

El mundo multimedia “es un mundo interactivo (y, por tanto, de usuarios activos) y polivalente (de múltiple utilización) cuya máquina es un ordenador que recibe y transmite mensajes digitalizados.”<sup>55</sup>

## 2.2.4. Simulación

“La simulación es la experimentación con un modelo. El comportamiento del modelo imita algún aspecto sobresaliente del comportamiento del sistema en estudio y el usuario experimenta con el modelo para inferir este comportamiento. Este marco general ha demostrado ser un complemento poderoso para el aprendizaje, la resolución de problemas y el diseño.”<sup>56</sup>



La simulación tiene como intención práctica estudiar modelos, por lo que su función es meramente experimental, por lo tanto, requerirá de variables para lograr diferentes tipos de fenómenos o comportamientos, sustituyendo los modelos físicos por computacionales. Esta aplicación implica el análisis y comparación entre diversas alternativas.

“Los avances en los entornos de interacción y simulación visual. En relación con la disminución del costo de las computadoras y el aumento constante de la capacidad de procesamiento, han permitido un progreso significativo en la forma de interactuar en estos entornos, lo que permite su mayor uso en el análisis de situaciones reales y como una herramienta para adquirir conocimiento y respaldar la toma de decisiones.”<sup>57</sup>

El uso de estos entornos provee de un espacio de interactividad y experimentación, buscando un manejo simple y comprensible para el usuario, y que pueda asistir en las etapas más críticas del diseño arquitectónico.

<sup>55</sup> Sartori, Giovanni. 1998. Homo Videns. La sociedad teledirigida. Buenos Aires: Taurus, 1998. (pp. 53).

<sup>56</sup> Ingalls, R., & White, K. (2009). Introduction to simulation. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. U.S.: Research Gate. (pp. 12).

<sup>57</sup> Barbosa, H. (2015). 3D Simulation Environment: Education and Training. *Proceedings of the 10th Doctoral Symposium in Informatics Engineering - DSIE'15* (págs. 132-140). Portugal: Faculty of Engineering, University of Porto. (pp. 132).

## 2.2.5. Inmersión

El término de inmersión ha sido utilizado para múltiples propósitos, a pesar de esto uno de sus empleos originales proviene de la industria del cine, “*significa introducirse por completo en otro mundo (artificial), en contraste con la metáfora de una ventana a través de la cual se observa lo que pasa desde fuera*”.<sup>58</sup>

Inmersión del latín *immersio*; sumergir, hundir o introducir. RAE, 2018

Dentro del ámbito de la realidad virtual, la inmersión se produce cuando el usuario no es capaz o se le dificulta distinguir el mundo real del artificial, esto se debe a la utilización de los cinco sentidos en sistemas de alta definición, y que, a diferencia de la inmersión generada por la cinematografía, tiene por objetivo a interacción con el entorno virtual.

Es necesario considerar que existe una serie de niveles de inmersión en las cuales el usuario se adentra de mayor o menor manera dependiendo la cantidad de sentidos involucrados así mismo como la calidad de detalle que en algunos casos se puede presentar.

- **Nivel bajo o no inmersivos:** Se considera como la forma más común y menos costosa de realidad virtual, la cual usualmente está conformada por una computadora de escritorio de características sencillas y de nivel comercial, capaces de reproducir contenido multimedia, y con numerosos signos de la presencia del dispositivo en el mundo físico a través de la interactividad de dispositivos simples como son el teclado, mouse, joystick o pantalla táctil. Ocupando únicamente los sentidos de la visión y audición, donde el monitor presenta un campo de vista limitado y el usuario no recibe una retroalimentación motora. Igualmente presenta “*baja fidelidad y resolución visual / color; la pantalla puede replicar características del ambiente simulado, pero no de una manera detallada o específica*”<sup>59</sup>. **Ver diagrama 4.**
- **Nivel medio o semi inmersivo:** Busca una profundidad ligeramente mayor que logre dar al menos una idea de inmersión dentro de un entorno virtual, involucrando sistemas más complejos de software y pantallas estereoscópicas. Con menor presencia de dispositivos o

<sup>58</sup> Bockholt, N. (2015). *Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, y ¿qué significa "inmersión" realmente?* Obtenido de Think With Google. (pp. a).

<sup>59</sup> Haylie, M., & Nicoleta, B. (2016). *US National Library of Medicine . National Institutes of Health*. Recuperado el 20 de febrero de 2019, de Level of Immersion in Virtual Environments Impacts the Ability to Assess and Teach Social Skills in Autism Spectrum Disorder.

limitantes de movimiento causadas por cables y arneses de seguridad. Su umbral de sentidos es mayor, involucrando la visión, audición, e inclusive la motricidad la cual, dependiendo la situación, puede tener orientación espacial, sumando la mejora de imagen a través de pantallas grandes de proyección con campos de visión extendidos. La fidelidad de resolución es considerada de una calidad moderada; la pantalla replica algunas características del ambiente simulado, pero con pérdidas de detalle. **Ver diagrama 4.**

- **Nivel alto o de inmersión total:** Constituido por un par de pantallas de visualización tridimensional montadas en un casco sobre la cabeza del usuario, que le permiten estar del todo aislado del mundo físico exterior; en esta categoría también entran las llamadas cuevas de realidad virtual las cuales son una sala en la que las paredes que rodean al usuario producen las imágenes tridimensionales a través de diversos tipos de proyección, y ofrecen la sensación de inmersión total <sup>60</sup>.

Para lograrlo, es necesario hardware especial que requiere de dispositivos que faciliten la interacción con el entorno como son cascos de realidad virtual con diversos sensores como son cámaras, giroscopios, acelerómetros, etc. Siendo considerada como la mejor opción para transmitir de manera multisensorial la información, aislando casi por completo al usuario del mundo exterior. Ofrece una fidelidad visual alta con gran detalle de imagen, obteniendo “*la captura de movimiento de todo el cuerpo; experiencia visual modificada para coincidir estrechamente con la retroalimentación propioceptiva basada en el movimiento del cuerpo*” <sup>61</sup>.

**Ver diagrama 4.**

---

<sup>60</sup> Cruz, J. A. (octubre de 2014). *Apertura. Revista de innovación educativa*. Recuperado el 30 de septiembre de 2018, de La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería.

<sup>61</sup> Haylie, M., & Nicoleta, B., *Op.cit.*

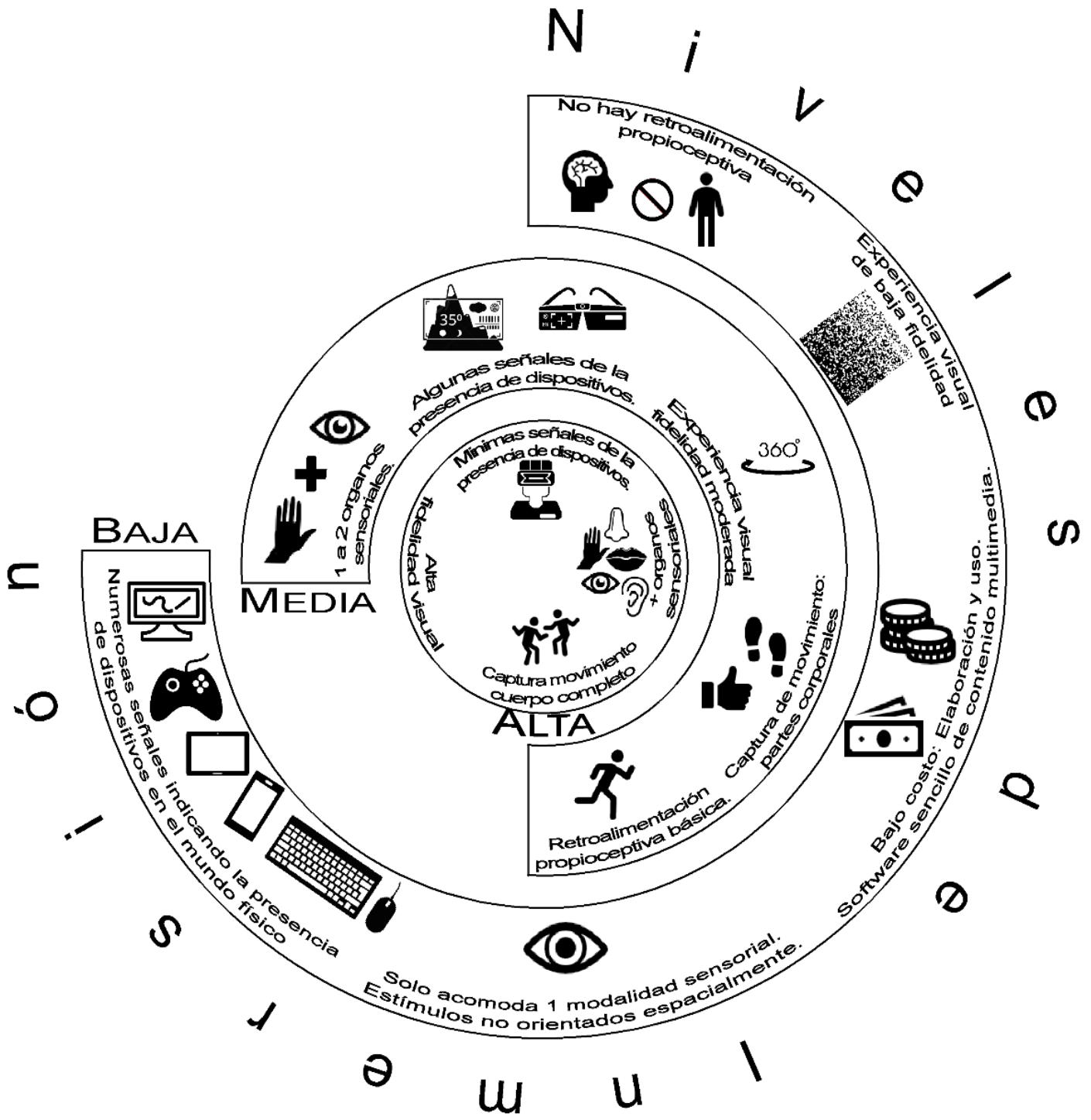
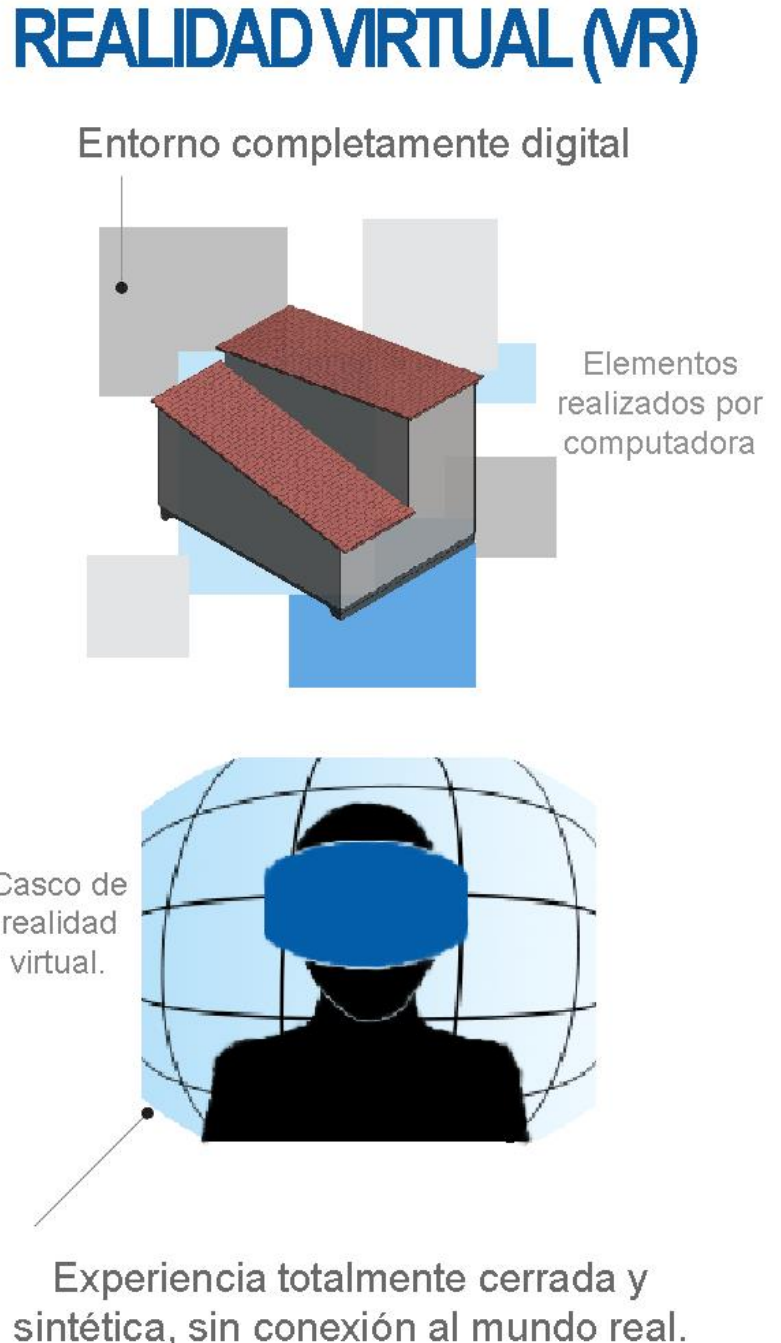


Diagrama 4. Nivel de inmersión según sus etapas. (Elaboración propia)

## 2.2.6. Tipos de realidad virtual

"Realidad virtual" (VR) es un término común para describir contenido que puede reproducirse mediante dispositivos digitales, como gafas de realidad virtual o smartphones (realidad virtual móvil). Las películas lineales grabadas con una cámara de 360° o las simulaciones interactivas en 3D, como las que se incluyen en los juegos, son algunos ejemplos de esta tecnología que permite al usuario sumergirse en lo que sucede.<sup>62</sup>

**Realidad Virtual (VR):** Del inglés "virtual reality". El usuario desarrolla una interacción con el entorno mediante tecnología a través de imagen y sonido, y añadiéndose los otros sentidos de ser necesario desde la observación hasta la inmersión completa. Su uso principal está relacionado con los videojuegos, pero también con aplicaciones móviles, a partir de controladores con funciones sencillas (tocar, mantener pulsado, clic, deslazar el dedo, etc.), para recrear diversas acciones (seleccionar, mover, eliminar, etc.). **Ver figura 1.A.**



<sup>62</sup> Bockholt, *Op.cit.*, pp. 2.

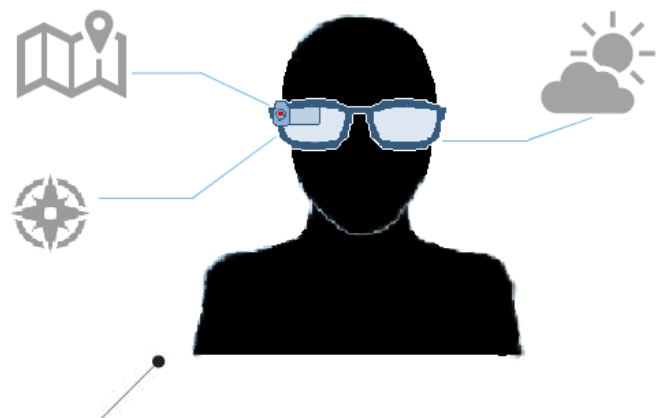
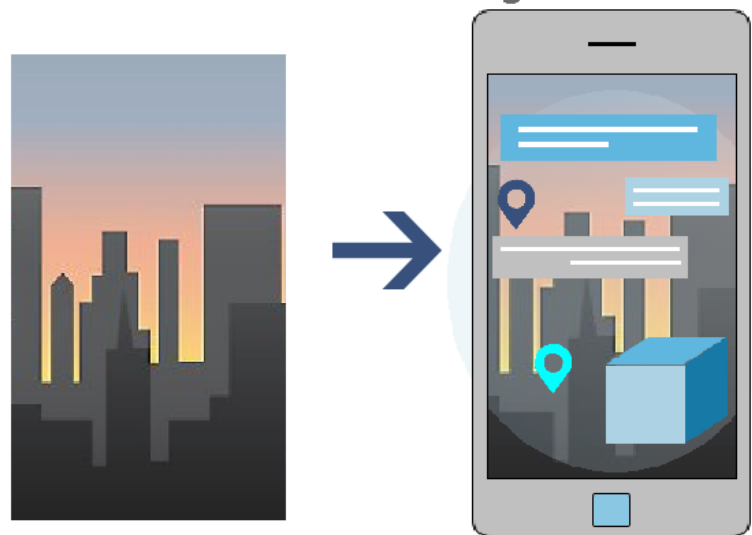
**Figura 1.A.** Realidad Virtual (Elaboración propia)

**Realidad Aumentada (AR):** Proveniente del término en inglés Augmented Reality (AR), funciona a partir de la percepción de un entorno al cual se le ha sobrepuesto gráficos y datos interactivos generados por computadora, es decir, se basa en la aplicación del mundo virtual en el mundo físico, a partir de soportes de información digital. Los usos que puede ofrecer esta tecnología dependen, en gran medida, del dispositivo usado. “Estos dispositivos cuentan con sensores adicionales (emisor y cámara de infrarrojos, GPS, brújula, giroscopio, cámara, etc.)”<sup>63</sup>. Ver figura 1.B.

- **Basada en marcadores:** “Se trata de utilizar un marcador, una vez reconocido por el software de nuestra aplicación de realidad aumentada, muestra aquello en realidad virtual que esté programado”<sup>64</sup>. Actualmente cualquier imagen, inclusive si está montado en un objeto sencillo como una caja o un cilindro, puede ser usado como marcador.
- **Sin marcadores:** Por medio de la utilización de los sensores, como el GPS para aplicarse en la geolocalización, también reconocimiento de patrones ofrece datos que puedan añadirse a la imagen real.

## REALIDAD AUMENTADA (AR)

Mundo real con sobreposición de información digital



El mundo real se mantiene central a la experiencia, mejorado por detalles virtuales.

**Figura 1.B.** Realidad Aumentada (Elaboración propia)

<sup>63</sup> Bockholt, *Op.cit.*, pp. 4.

<sup>64</sup> *Bihartech*. (2016). Recuperado el 20 de febrero de 2019, de Integrating Technology.

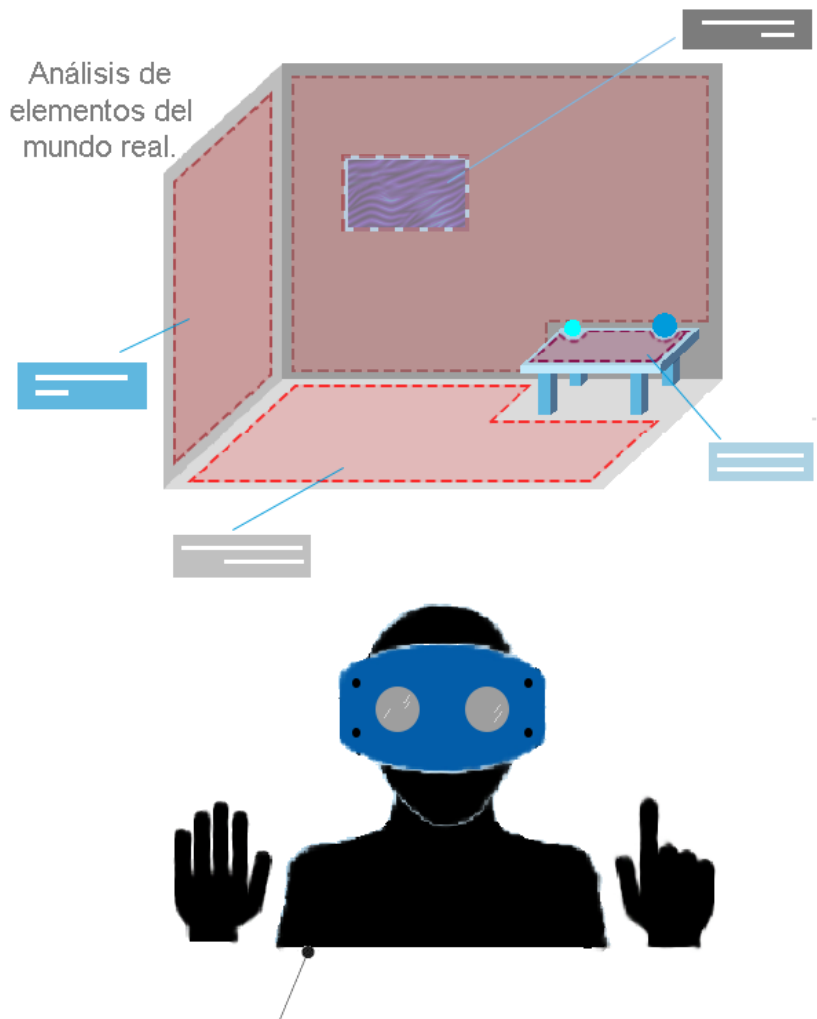


**Realidad Mixta (MR):** Del inglés “mixed reality”, se considera como un híbrido entre la VR y la AR, combina y superpone secuencias en tiempo real a la realidad virtual. Haciendo una conexión y simulación entre la cámara existente y la digital. *“Lo que hace que MR se destaque es su aspecto altamente interactivo y la representación realista de la proyección que agrega a nuestro entorno. En lugar de depender únicamente de los controles remotos o las pantallas de los teléfonos, podemos interactuar con el contenido inmersivo usando gestos naturales del cuerpo y de los dedos”*<sup>65</sup>.

Su tecnología se basa en un sistema de visor similar al usado en el VR, con la diferencia que su pantalla es translúcida, lo cual permite seguir conectado con el mundo, mezclando ambos entornos. Permite interactuar físicamente con la simulación, por lo que no solo requiere de una pantalla, sino que puede usar todo el cuerpo y controladores remotos para interactuar de manera más dinámica, esto debido a que los sensores son capaces de captar y procesar la posición exacta dentro de una habitación, así como la composición del entorno. **Ver figura 1.C.**

## REALIDAD MIXTA (MR)

Lo real y lo digital están entrelazados



Interacción y manipulación tanto del entorno físico como del virtual.

**Figura 1.C.** Realidad Mixta (Elaboración propia)

<sup>65</sup> Tall, Tidjane, *Op.cit.*

# CAPÍTULO 3 : ¿QUÉ TAN REAL?





Render 2. Diferencia entre un modelo 3D regular y uno fotorrealista. (Brito, 2010)

### 3.1. La imagen: Virtual vs. Real

“La imagen se ve y eso es suficiente; y para verla basta con poseer el sentido de la vista, basta con no ser ciegos. La imagen no se ve en chino, árabe o inglés; se ve y es suficiente.”- Sartori, 1998.

En la cultura actual, la imagen predomina sobre la palabra, y en el caso de la virtualización, el contenido multimedia se maneja a partir de lo visual, que como se ha visto anteriormente, el proyecto no se presenta como un texto que define la forma, las dimensiones y el carácter del edificio, sin embargo, en muchas ocasiones lo visible es abstracto y por consiguiente nos lleva a un ver sin entender.

La televisión -como su propio nombre indica, «ver desde lejos» (tele), es decir, llevar ante los ojos de un público de espectadores cosas que puedan ver en cualquier sitio, desde cualquier lugar y distancia. El telespectador es más un animal vidente que un animal simbólico. Para él las cosas representadas en imágenes cuentan y pesan más que las cosas dichas con palabras (...) <sup>66</sup>. La verdad es que para falsear un acontecimiento narrado por medio de imágenes son

<sup>66</sup> Sartori, Giovanni. 1998. Homo Videns. La sociedad teledirigida. Buenos Aires: Taurus, 1998. (pp. 27).

suficientes unas tijeras. Además, no es absolutamente cierto que la imagen hable por sí misma.<sup>67</sup>

Lluís Ortega menciona dos posturas que denomina como “el tecnofílico y el tecnófobo”, con concepciones completamente opuestas. Mientras el primero defiende al computador por los enormes avances que ha traído con su aparición, considerado como una revolución. Declara que *“la introducción de las computadoras en el campo de la arquitectura tan solo constituye un fenómeno instrumental que no altera en absoluto la disciplina a excepción de ciertos niveles de productividad”*.<sup>68</sup>

Desde un punto intermedio de ambas posturas se puede decir que aparece la predisposición de concebir las posibilidades que puede ofrecer la computadora, un buen ejemplo es al momento de modelar un proyecto cercano a la realidad con la intención de evitar posibles errores. Sin embargo, es necesario considerar que la tecnología actual no es capaz de satisfacer a todos los sentidos y por consiguiente, lo que se muestra es una percepción de espacio simplificada, ya que es una experiencia únicamente visual producto de una cámara en un ambiente computarizado.

El invento más protestado fue, históricamente, el de la máquina, la máquina industrial. La aparición de la máquina provocó un miedo profundo porque, según se decía, sustituía al hombre.<sup>69</sup>

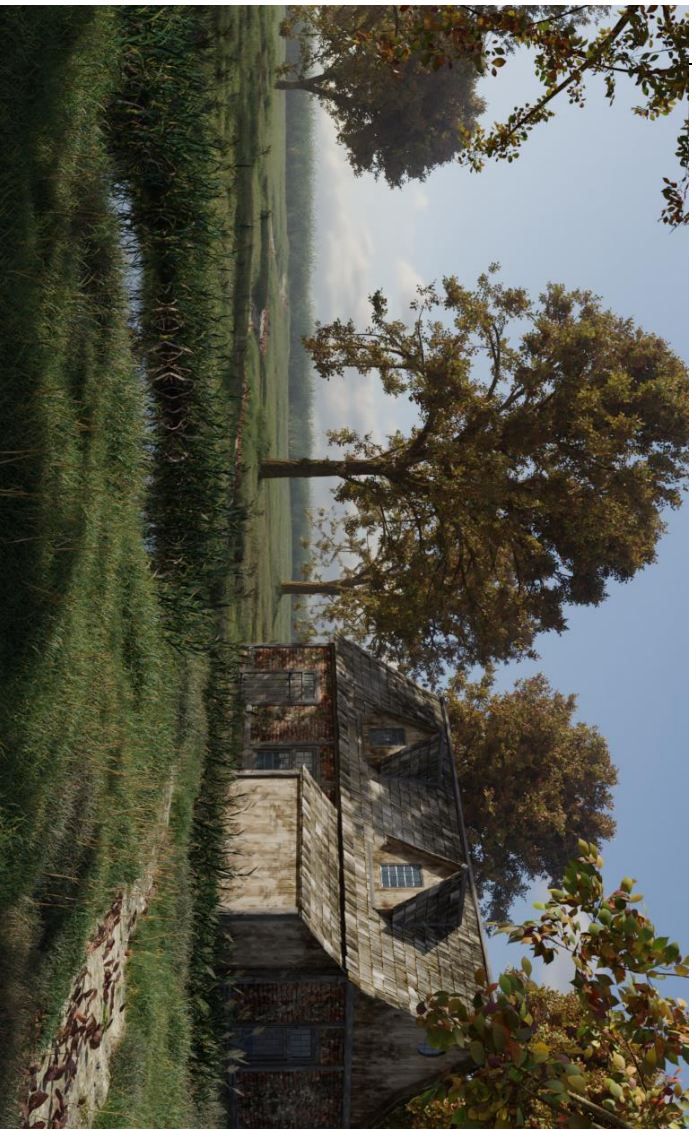
A pesar de todo, lograr el desarrollo necesario para que un recorrido virtual sea exactamente igual que estar en el espacio real es remotamente posible, sin embargo, se aspira a hacer que ambos sean lo más semejantes, finalmente tomando en cuenta que no solo sea considerada como un método de venta de arquitectura, sino inclusive integrarla al proceso de diseño.

---

<sup>67</sup> Ibid., (pp. 101).

<sup>68</sup> Ortega, L. (2013). *Digitalization takes Command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. (pp. 9).

<sup>69</sup> Ibid., (pp. 29).



Render 3. Recreación de construcciones medievales europeas a partir de oleos de la época. Elaboración propia.

## 3.2. Principios de diseño para Archviz

Otro aspecto a tener en cuenta son los elementos con los que se va a conformar cada modelo, por lo que se propone utilizar 6 pasos principales de Matthew Naj<sup>70</sup> para construir cada escena de Archviz:

**Modelar** se refiere a la manera en que se moldea y toma forma el objeto, en este caso, el edificio dentro del mundo 3D. Cada una de sus caras es un plano geométrico conocido como polígono, siendo en esto donde la complejidad del modelo aparece; entre más número de polígonos mayor será el realismo y suavidad del volumen, pero también será mayor su peso y procesamiento.

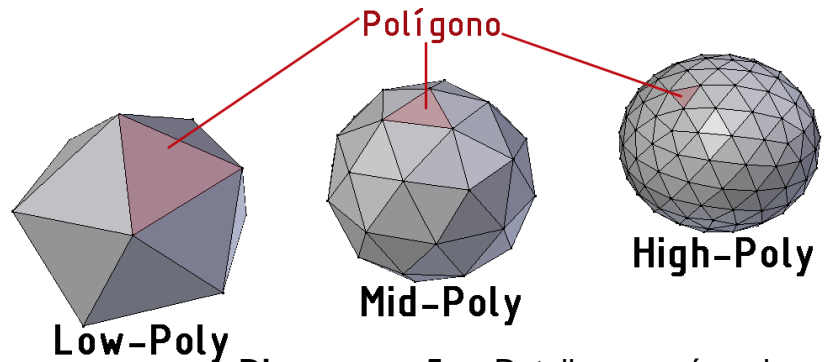
- 1) La **iluminación** se considera esencial para cualquier proyecto, pero con mayor énfasis en el Archviz. Sin el uso de ésta sería imposible visualizar el objeto ya que da funciones desde lo más básico como es el sol, hasta lo decorativo como son las luminarias y fluorescencias. Para la arquitectura, es fundamental ya que envuelve procesos de cognición que conllevan a respuestas fisiológicas y psicológicas importantes. Su funcionamiento ha desarrollado mecanismos más complejos que actúan a fuerzas físicas, con el avance de la iluminación global (GI) se ha logrado una mayor calidad. La iluminación global trabaja a partir de una serie de algoritmos que calcula y modela la manera en que la luz rebota en las superficies y que a su vez rebota sobre otras, a esto se le conoce como luz indirecta; en lugar de limitarse al cálculo de la luz que incide directamente sobre el plano desde una fuente de luz, llamado luz directa.
- 2) **Material**. En el mundo real, nuestra percepción de las cosas es una combinación de la forma y la luz y la forma en que la luz rebota en esas formas. El mundo del 3D ha abordado este dilema utilizando materiales. En Gráficos por computadora, los materiales son una mejora del mapeo de texturas que permite que los objetos simulen diferentes tipos de materiales en la vida real. Los materiales son generalmente imágenes (mapas 2D), y colores. Estos mapas 2D dictan una cierta propiedad de ese material sobre cómo interactuar con la luz.
- 3) **Rendering**. La representación es la parte más lenta de Archviz en función de la calidad que busca. Sin embargo, la computadora maneja todo el renderizado, pero el artista desempeña un papel efectivo en la configuración de atributos de forma adecuada y lleva a la perfección. El cual se divide en tres categorías según su detalle:

---

<sup>70</sup> Naj, M. (09 de agosto de 2017). *Archviz From Genesis To The Perfection*. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de Double Impact Studio.

- **Low-Poly** (Pocos Polígonos): Son modelos construidos con pocos polígonos, los cuales tienen mínimo detalle. Son útiles para optimizar el rendimiento y se utilizan cuando no se requiere mucho detalle, como objetos pequeños o muy lejanos.

- **Mid-Poly** (Polígonos Medios): Son modelos cuya composición de polígonos es media, su velocidad de procesamiento es más lenta que los Low-Poly.



- **High-Poly** (Muchos Polígonos): Son modelos con gran cantidad de caras, ofreciendo una calidad de detalle alta, pero con una velocidad de procesamiento lenta a causa de la cantidad de información que contiene, siendo utilizados para modelos únicos que requieren una gran cantidad de detalle.<sup>71</sup>

- 4) **Movimiento** (movimiento de cámara). Aunque las imágenes fijas son geniales en términos de visualización, caminar sobre ellas es otra cosa que da una impresión de la vida real, especialmente con una combinación de tecnología VR / AR.
- 5) **Postproducción**. En esta etapa, puede agregar elementos adicionales como luces, personas o incluso componer algunos objetos de la vida real. Las técnicas de postproducción también ayudan al artista a reducir el tiempo y los esfuerzos durante el proceso de modelado y renderización simplemente agregando componentes pre-modelados o de la vida real a la escena.

Las salidas actuales de Archviz se dividen en 3 tipos:

- **Representaciones 3D**: Las representaciones en 3D, también conocidas como imágenes fijas CGI, ofrecen imágenes fotorrealistas del diseño interior / exterior del edificio junto con paisajes y edificios cercanos.
- **Animación**. La animación de recorrido consiste simplemente en añadir movimiento de cámara a esas escenas estáticas, mostrando diferentes partes de una manera suave y elegante.

<sup>71</sup> Miñarro, P. M. (2015-2016). *Desarrollo de una Aplicación de Realidad Virtual*. España: Universitat Politècnica de València. (pp. 25).

• **VR.** Imagina una experiencia de recorrido en la que eres la persona que toma el control del movimiento de la cámara en tiempo real. En este caso, se trata de VR Archviz. Los programas más comunes para crear VR Archviz son Unreal Engine, Unity y Lumion. Esta tecnología permite al usuario no solo ver las diferentes especificaciones de la estructura, sino también interactuar con ellas, como encender / apagar la luz, cambiar el color y el estilo del gabinete e incluso cambiar el diseño en tiempo real.<sup>72</sup>.

Manejadas principalmente en tres tipos de dispositivos:

- **PC's:** Computadoras personales o laptop. Los cuales soportan mayor nivel de detalle.
- **HMD's:** Head Mounted Display (Display Montado en la Cabeza): Estos abarcan desde cascos completos, a ligeras gafas de solo una pantalla. Cuentan con la ventaja de que con ellos disfrutamos de una inmersión total. (Consagra, Hernández, Nieves, & Piña, 2016)<sup>73</sup>
- **HANDHELD's (Smartphone o Tablet):** En este apartado encontramos multitud de dispositivos como Tablet, Smartphone y otros teléfonos. El funcionamiento con estos dispositivos consiste en situar el dispositivo entre la realidad y nuestros ojos y de este modo ver la realidad aumentada a través de la pantalla de este.<sup>74</sup>

### 3.3. Consideraciones sobre la creación virtual

El contenido debe capturar los sentidos del usuario, “*cuanto más emocionante y real sea el entorno, más tiempo se quedará viéndolo y más veces volverá a experimentarlo*”<sup>75</sup>. Los usuarios fijan puntos o lugares con mayor importancia, que deben ser considerados como claves elementales para su éxito y por consiguiente deben ser los más desarrollados para lograr conectar psicológicamente con el espectador. Esto generará un mayor impacto, que en términos de publicidad, captará la atención del público.

En base a Nikolai Bockholt, se han propuesto principios que deberían ser considerados a la hora de realizar este tipo de contenido y sin los cuales podría perder calidad:

<sup>72</sup> Naj, M., Op. Cit..

<sup>73</sup> Consagra, E., Hernández, D., Nieves, J., & Piña, L. (01 de febrero de 2016). *Realidad Virtual y Realidad Aumentada*. (U. A. Humboldt, Ed.).

<sup>74</sup> Ibid.

<sup>75</sup> Bockholt, Op. Cit., pp. 4.



**El usuario lo ve todo:** Puesto que se brinda de una completa libertad de visión del entorno, es de gran importancia ocultar todo objeto que no forme parte de la escena, de manera que no sea visible para la cámara; como pueden ser cajas o paredes delimitadoras, interfaces del desarrollador, mallas, guías, etc. Evitando realizarlo al momento de la post producción para eliminar complicaciones futuras.

**Tiempo = calidad:** Los detalles son fundamentales, sitúan en un contexto y orientan al usuario generando un mayor nivel de inmersión que logra experiencias más vívidas, para lo cual se requiere de mayor tiempo en su producción.

**Transiciones:** Principalmente en videos sencillos y panorámicos de 360°, la transición entre escenas o espacios debe ser fluida de tal manera que pueda preparar al espectador para un cambio y sea capaz de orientarse fácilmente a los nuevos entornos; los cortes bruscos generan interrupciones importantes que provocan menor eficacia en la inmersión, e inclusive pueden causar efectos negativos como mareo o confusión.

**UX y UI:** Consta de dos conceptos diferentes y relacionados entre sí; el UX (User Experience) experiencia del usuario consiste en la facilidad con la que el usuario usa una interfaz y su experiencia al emplearla. Mientras tanto la UI (User Interface) interfaz de usuario se dedica al diseño de la interacción haciendo énfasis en el mismo programa.

Desde la cinematográfica hasta la interacción conllevan elementos necesarios sin los cuales sería incomprendible su funcionamiento, y por los cuales la ciencia sigue desarrollando aditamentos y dispositivos que puedan acercar a cualquier usuario a este tipo de tecnología.

### 3.4. Modelado arquitectónico

Antes de iniciar con el modelado arquitectónico, veamos cuáles son las diferencias y peculiaridades. Si pensamos en los modelos y sus características, hay algunos puntos que podemos enumerar:

- Las escalas de los modelos suelen ser grandes.
- Todos los modelos están basados en formas geométricas; muy pocos de ellos requieren formas orgánicas.
- Los modelos suelen ser modulares, con piezas que se repiten.
- Los modelos deben crearse con las proporciones adecuadas para mostrar el proyecto de la mejor manera.

Estas son las peculiaridades del modelado arquitectónico. Como podemos ver, no es mucho, pero todos esos aspectos deben ser muy claros para nosotros. La escala de los modelos es grande debido a la naturaleza misma de la arquitectura donde los edificios tienen que ser grandes. Los únicos modelos que requerirán una menor escala son los de muebles.

Las formas de los modelos también son importantes, porque el proceso de construcción que utilizamos para construir casas y edificios utiliza principalmente formas geométricas, como cubos. Nuestros modelos también estarán fuertemente basados en estas formas. Para algunas personas, hará el proceso es más fácil, pero no olvide que las formas geométricas requieren mucha edición para representar la arquitectura de la mejor manera.

¿Qué pasa con el modelado modular? Es una característica común de la arquitectura también. Algunos proyectos se construyen con formas, que se repiten a menudo en el proyecto. Esto hace que el proceso de construcción sea más fácil y barato, y podemos aprovechar esto utilizando las herramientas para copiar modelos y acelerar el proceso de modelado.

Otra cosa importante es la precisión del modelado, que es muy importante, porque todos los modelos deben ser el equivalente exacto de un objeto real. Pero no tenemos que ceñirnos a medidas reales. Si una pared mide cuatro metros de largo y no creamos la pared con esta dimensión, será difícil para cualquiera medir la pared en una imagen o video renderizado. Las medidas reales son importantes, pero podemos hacer cambios, siempre y cuando las proporciones de los modelos se mantengan iguales. Si creamos el modelo con las proporciones correctas, no con las dimensiones, no será un problema porque lo importante son las proporciones.<sup>76</sup>

### 3.5. Proceso de elaboración de proyectos virtuales

El proceso requerido para la elaboración de proyectos virtuales demanda en todos los casos de computadora a causa de su naturaleza. A pesar de esto, en cada fase de la generación de la arquitectura se puede implementar de diversas maneras cada técnica de representación, dígame render, video, RV, RA o RM. Y en todos los casos en general se inicia con una etapa previa de factibilidad e investigación que principalmente se relaciona con trabajo de campo y de gabinete para la recopilación de datos, y en la cual se pueden aplicar sistemas básicos de simulación como puede

---

<sup>76</sup> Brito, A. (2010). *Blender 3D 2.49: Architecture, Buildings and Scenery*. United Kingdom: Packt Publishing. (pp. 84).

ser de grafica solar, temperaturas y vientos dominantes, localización sobre terreno de elementos como infraestructura y vegetación, o bases de datos que puedan ser vaciadas en las siguientes etapas.

Posteriormente inicia el proceso creativo, en el cual se define el proyecto arquitectónico y diseño; a partir de croquis y planos, en el caso de ser realizados a mano, requerirán de un proceso de digitalización que podrá dar como resultado un archivo CAD o la base para modelado 3D y por consiguiente conllevará a la selección de software que el diseñador conozca o decida utilizar para los siguientes pasos.

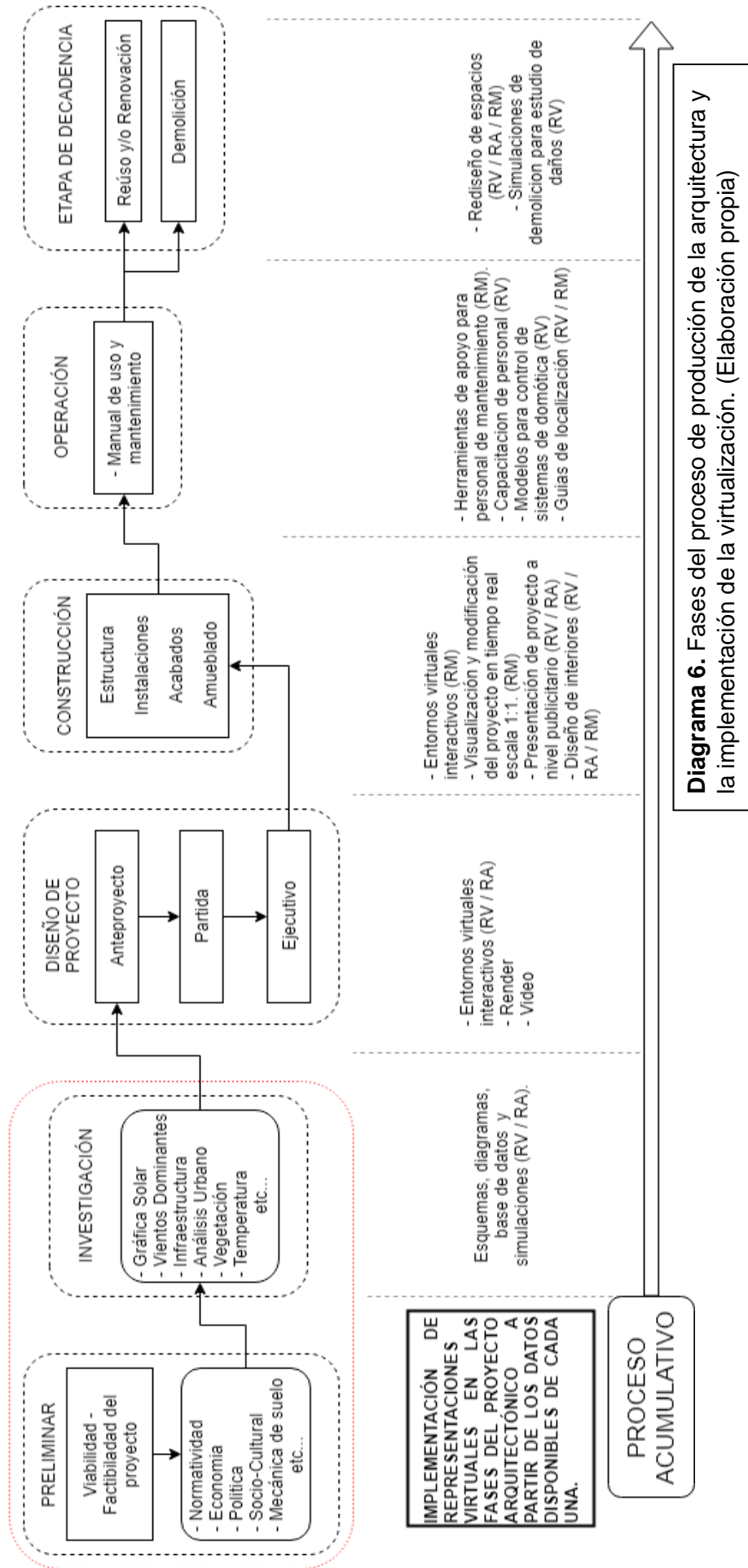
En la fase de diseño se cuenta con suficiente información para iniciar con el modelado volumétrico y de interiores con acabados y materiales tentativos, siempre teniendo en cuenta el guion, es decir, lo que se va a mostrar al usuario, ya que requerirá de efectos ambientales como son la iluminación, animación de elementos (excepto render) y diseño de recorrido de cámara (video y RV), post-procesamiento permitiendo mejorar la calidad visual, y optimización que está relacionado con el procesamiento del modelo el cual de no ser bien realizado puede complicar su manejo, causar mal desempeño en el hardware usado y por ende estropear la experiencia del usuario.

Dependiendo lo que se desea obtener y su manera de representación, existen dos vías: las no interactivas, que está relacionada con el render y video, ya que son elementos en los que la interacción solo depende del visualizador multimedia en el que se reproduzcan, lo que conlleva a que estas representaciones sean las que más compatibilidad de hardware ofrezcan; y las interactivas, que requieren de mayor conocimiento y desarrollo.

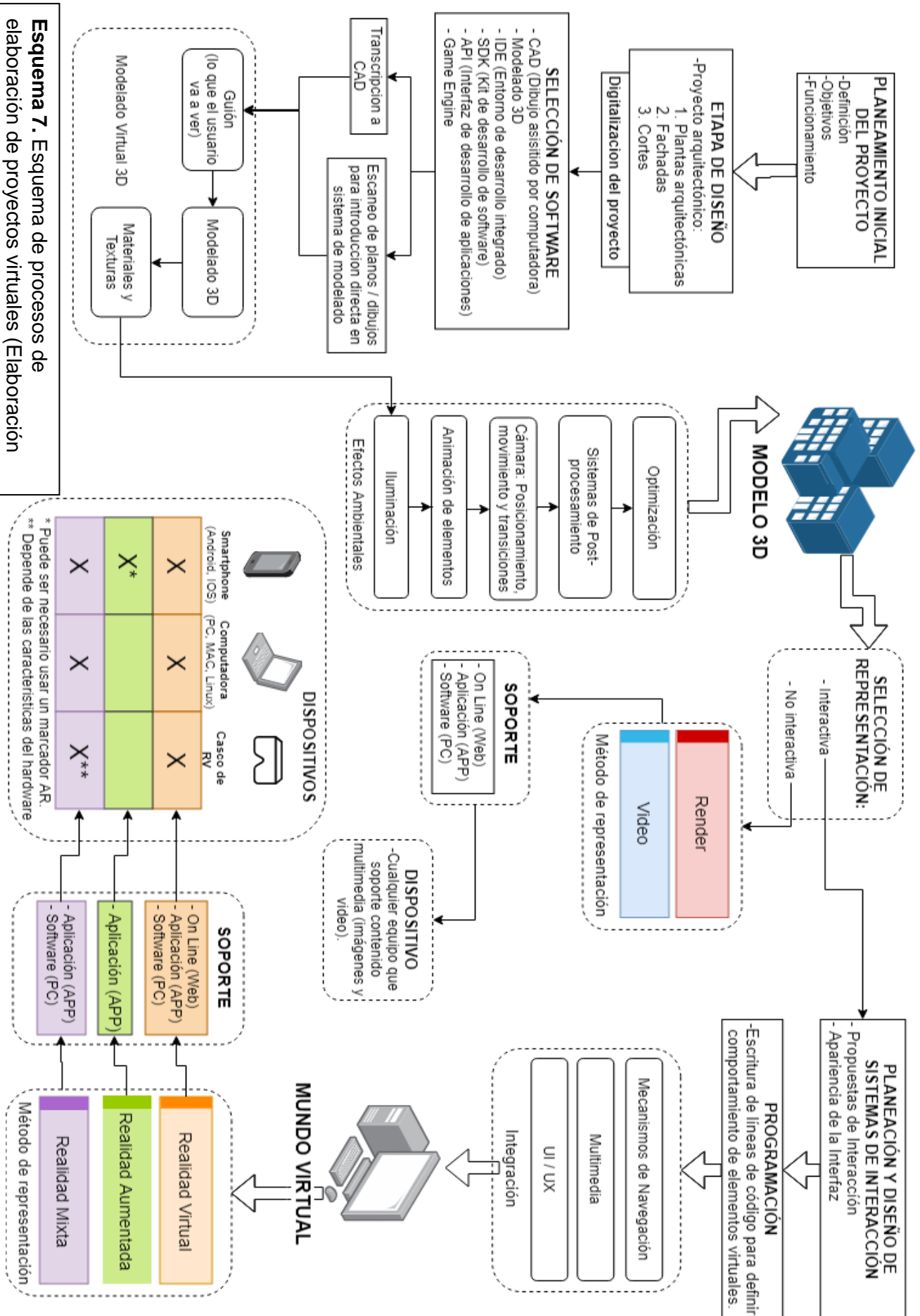
Dentro de las representaciones interactivas, se encuentran la realidad virtual, aumentada y mixta, las cuales requerirán de diseño de interfaz y programación de código, que a través de lo que finalmente será un programa integrador que en su mayoría de casos son game engines, conjunta el modelo 3D, el UX / UI (programación), bases de datos y elementos multimedia (música).

Se obtiene una aplicación de salida que podrá ser empleada en diferentes soportes y que a su vez necesitará del hardware seleccionado dependiendo de su tipo de representación.

Se considera un proceso acumulativo ya que se va sumando información que en cada etapa permitirá facilitar la generación de nuevos programas con diversas funciones.



**PROCESO DE ELABORACIÓN : REALIDAD VIRTUAL, REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD MIXTA**



**Esquema 7.** Esquema de procesos de elaboración de proyectos virtuales (Elaboración)

### 3.6. Proyectos análogos

Debido a la naturaleza de estas tecnologías es posible hacer toda clase de herramientas virtuales dentro de la misma aplicación, e inclusive permite la implementación de los modelos para su uso en videojuegos y simulaciones. Ofreciendo una enorme gama y libertad para realizar lo que uno imagine, pero es necesario saber cómo delimitar los alcances del proyecto, aquellas características que sean esencialmente necesarias para un resultado exitoso.

Por lo que es recomendable revisar trabajos de otra gente para buscar y tomar referencias a partir de proyectos similares, siendo así considerado como una buena práctica para la realización de proyectos desde la concepción hasta la programación y su implementación directa al usuario.

En la mayoría de los casos, estos análogos pueden ser encontrados como videos, por lo que una manera práctica de analizar e identificar elementos de interés para nuestro proyecto es analizar a través de imágenes o fotogramas en donde observemos las interfaces que deseamos recrear o imitar, ya sea por el diseño de menú (figura 10), por la visualización del proyecto (figura 11), por la apariencia del proyecto y su calidad (figura 12), o por la utilidad que puede tener en el mundo real (figura 13).

Otra manera de generar una propuesta del proyecto y su interfaz es por medio de tablas de datos en las cuales se toma en cuenta elementos gráficos, interactivos, de simulación o algún otro que se desea mostrar. Por lo tanto, se ha desarrollado una tabla demostrativa de algunas interfaces que aparecen en diversos videos, siendo estos un buen ejemplo de la enorme cantidad de posibilidades al momento de planear los sistemas a los que recurrirá un proyecto dependiendo de su intención.

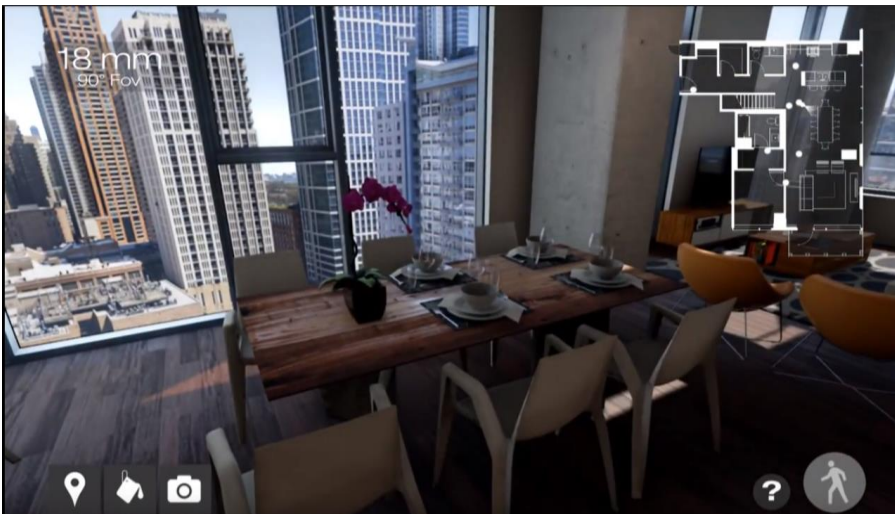
Respectivamente, la tabla se encuentra dividida por secciones diferenciadas en dos colores, ubicando las interfaces que fueron reconocidas al momento de observar una serie de videos, los cuales están referenciados al final de cada bloque; mostrando la función y un breve desglose de los requerimientos que se proponen para que funcione y sea fácilmente comprensible por el usuario, inclusive, tenga una mayor estética al momento de su presentación.

Para ejemplificar el uso de esta tabla, analizaremos el primer análogo. En este caso de tomaron dos videos con características similares. En ambos podemos ver una planta arquitectónica en la parte superior derecha de la pantalla, dentro de esta planta se encuentran puntos localizadores de los cuales, uno es el usuario, se muestra su ubicación y el ángulo de visión del ojo o cámara; y el resto de los puntos sirven como accesos rápidos a diversas áreas del mismo proyecto. También es visible

una interfaz interactiva en la cual el usuario tiene la opción de cambiar los materiales, esta funciona a partir de la opción de editar la cual activa una cruceta que ayuda a seleccionar el objeto que se desea modificar, desde mobiliario hasta acabados mostrando un elemento que resalto el objeto seleccionado para ser más visible, y posteriormente muestra la paleta de colores y materiales con la que cuenta el proyecto.

Finalmente, y después de que el usuario ha recorrido y seleccionado todos los acabados que desea, existe la acción de reproducción en la cual se observa un video de calidad cinematográfica con la cual se concluye el recorrido virtual.

Siendo así necesario remarcar que cualquier tipo de interfaz que el diseñador desee crear, es posible, siempre y cuando se tenga clara la manera en que se debe ejecutar para que sea fácilmente entendible.



**Render 4.** HD Virtual Reality VR Real Estate Showroom Demo Samsung HTC Compatible. [www.8yolkstudio.com](http://www.8yolkstudio.com) (Internet)



**Render 5.** Demo de apartamento con visualización e interacción en tiempo real. Deep Reality (Arquitectura Interactiva) (Internet)



**Render 6.** VR: Cambio de color y acabados. Joshua Matis, 23 oct 2018. (Internet)



**Render 8.** AR / VR: Isométrico LowPoly Archviz. Skipper R&D, 3 nov, 2018. (Internet)



**Render 7.** VR: Las imágenes 360 permiten hacer un recorrido interactivo por el entorno desde aplicaciones de escritorio. Forma Disseny, 10 ene 2018. (Internet)

Las imágenes mostradas (**Render 4 al 9**) fueron tomadas de videos que se utilizarán como análogos para poder analizar sus interfaces y así poder tomarlos como ejemplos para la tabla de interacciones (**Ver Tabla 1**).



**Render 9.** MR: La integración del modelo 3D ayuda a entender cómo se comportará el proyecto en el entorno real. AMO 3D Visual, 20 sept. 2017. (Internet)



Tabla 1. Interacciones: Proyectos análogos de RV, RA y RM. Sistemas de UI / UX.

1	Planta arquitectónica	Ubicación en planta + Cámara con ángulo de visión Acceso rápido a puntos fijos
	Cambio de material	Cruz de selección de objeto / Botón EDIT Delimitación del área Cambio de color / acabado
	Play	Presentación de proyecto a través de video
	<a href="https://youtu.be/gm2-3eji1ew">https://youtu.be/gm2-3eji1ew</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=yxMa9WWFm74">https://www.youtube.com/watch?v=yxMa9WWFm74</a>
2	Menú de inicio	Play / Exit
	Interacción	Encender - Apagar lámparas Abrir puertas
3	Cambio de material	Cambio de color / acabado
	Menú de inicio	Play / Créditos / Link de enlace
	<a href="https://forums.unrealengine.com/community/work-in-progress/12677-architecture-realtime?26900-Architecture-realtime=">https://forums.unrealengine.com/community/work-in-progress/12677-architecture-realtime?26900-Architecture-realtime=</a>	
	<a href="https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&amp;v=9CxSVrwwNlK">https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&amp;v=9CxSVrwwNlK</a>	
4	Interacción	Objetos (Pequeños: Frutas, Tapas)
	Anclas	Posicionamiento de anclas en la vida real / Ubicación de anclas en plano virtual Ajuste de posición del modelo (X, Y: ↔↕) Debug Menu
	<a href="https://twitter.com/i/status/1034023254384623616">https://twitter.com/i/status/1034023254384623616</a>	
6	Interacción	Explosivo Cambio de color - acabado Marca / Costo / Dimensiones Cambio de objetos / mobiliario
	Datos de mobiliario	Dimensiones
	Datos del cuarto	Amueblado (AR)
	Construcción / Diseño	<a href="https://twitter.com/i/status/10396604082330267648">https://twitter.com/i/status/10396604082330267648</a>
7	Plano sobre superficies (MR)	Gesture tracking Datos y rutas (urbano)
		<a href="https://twitter.com/i/status/876764159316307968">https://twitter.com/i/status/876764159316307968</a>
8	Datos (Video)	Detalles de elementos
		<a href="https://twitter.com/i/status/1067405356505198594">https://twitter.com/i/status/1067405356505198594</a>
9	MR	<a href="https://youtu.be/CRa_18YZ7k">https://youtu.be/CRa_18YZ7k</a>
	Dia / Noche	Botón de cambio Grafica solar (AR)
10		

### 3.7. Sobre el diseño

En el proceso de generación de la arquitectura, la tecnología no queda atrás, hay que considerar la manera en que puede influir la realidad virtual sobre cómo se concibe y diseña esta. Inclusive se cuenta con la red, *“el diseño arquitectónico colaborativo a distancia puede ser comprendido como aquella actividad donde un grupo de personas (arquitectos, profesores, estudiantes, etc.) se reúnen, interactuando y cooperando entre ellos para lograr una meta común: crear un hecho arquitectónico”*<sup>77</sup>. Que son procesos cooperativos en donde un conjunto de gente puede trabajar simultáneamente sobre el mismo proyecto sin la necesidad de estar en un mismo lugar.

*“De tal manera el futuro desarrollo cronológico de cambios conceptuales, en la concepción matemática y de las leyes físicas que la rigen, se nos expone como los parámetros bajo los cuales ciertos patrones de desarrollo tienen gestación. Frente a esta aseveración, en un mundo regido por la geometría, debemos cuestionarnos: ¿Qué ocurre cuando se cambian los parámetros físicos conocidos, las leyes tradicionales de la geometría?”*<sup>78</sup>. Observando que nuevos patrones surgen conforme nuevos conceptos, alcances y tecnologías son logrados, siendo así que en algún momento se considerará nuevos métodos de diseño a partir de diversas variables y materiales.

La digitalización funciona a partir de un sistema de desarrollo generativo, formulado a través de algoritmos que requieren de parámetros específicos dando como resultado un conjunto de datos que ofrecen un modelo de visualización. *“Estos nuevos “sistemas generadores de ideas” constituyen la génesis de este nuevo proceso de pensamiento propiciado por la posibilidad del computador en campos del cálculo, análisis, combinatoria, aleatoriedad y recursión”*<sup>79</sup>.

Con sistemas matemáticos que conlleva una gran cantidad de cálculos y algoritmos; *“el lenguaje geométrico **N.U.R.B.S** corresponde a la correcta traducción de las propiedades cambiantes de las curvas complejas. El nombre de este sistema corresponde al acrónimo para ‘ Non-Uniform rational B-Splines’ y se basa en un modelo matemático que provee a la representación gráfica computacional de una eficiente cantidad de datos de las figuras, usando un mínimo de memoria de procesamiento y pocos pasos para dar forma a la figura final”*<sup>80</sup>.

<sup>77</sup> Segovia, R., & Pérez, L. (mayo-agosto de 2009). El taller de diseño arquitectónico virtua. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 100-117. Recuperado el 22 de 05 de 2019. (pp. 110).

<sup>78</sup> Cruz, F. G. (2011). *Arquitectura Digital: Aproximación al Proceso de Discretización del Diseño Arquitectónico*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. (pp. 51)

<sup>79</sup> *Ibid.*, pp. 162.

<sup>80</sup> *Ibid.*, pp. 94.



**Render 10.** Arquitectura Paramétrica, Centro Heydar Aliyev / Zaha Hadid Architects. 2013

# CAPÍTULO 4



V  
I  
R  
T  
U  
A  
L  
I  
D  
A  
D

E  
X  
P  
E  
R  
I  
M  
E  
N  
T  
A  
L

## 4.1. Modelos de experimentación

Los puntos siguientes son respectivos a la definición de cada elemento que se va a usar para generar las fichas técnicas respectivas a cada proyecto, es decir, el método de representación aplicado al modelo que va a ser sujeto a análisis. Para ejemplificar su funcionamiento o eficacia se realizarán diversos pilotos con diferentes magnitudes y por lo mismo, con funciones interactivas específicas que permitirán a cada modelo destacar sus cualidades. Además de mostrar los resultados de los diversos prototipos en el caso de ser generados completamente a través de la computadora como punto base de comparación, igualmente se desarrollará otro modelo que permita demostrar las posibilidades que ofrece la unión de lo analógico y lo digital.

### 4.1.1. Tabla De Prototipos

Para realizar la tabla se definen dos variables principales nombradas dimensión y representación, de las cuales se desarrollan otras dos que tienen que ver con la manera en que se desarrollan y como se presentaran es su etapa final.

### 4.1.2. Dimensiones de Modelo

Si la arquitectura es el arte de construir o concebir edificios y espacios, y éstos son, por definición, tridimensionales, podemos afirmar, por lo tanto, que la arquitectura juega con las tres dimensiones, definidas geométricamente por las coordenadas cartesianas X, Y y Z. Pero a la vez, la palabra dimensión hace referencia a la medida, la extensión y el tamaño, la disciplina arquitectónica abarca desde el diseño de pequeños objetos hasta la concepción de ciudades, de la dimensión doméstica a la urbana <sup>81</sup>. Según Artero & Codina, se clasificaron los espacios a través de un programa que responde a la dimensión, por lo cual:

- espacio S (de small): la dimensión doméstica (el piso, la vivienda).
- espacio M (de medium): la dimensión colectiva (el edificio, los equipamientos).
- espacio L (de large): la dimensión urbana (la ciudad, la metrópolis).

A lo cual, se ha decidido tomar esta tabla como referencia para la selección de modelos que se van a analizar, añadiendo la vista desde el interior o exterior del mismo a causa de su uso y utilidad, por

---

<sup>81</sup> Artero, M. B., & Codina, J. V. (2010). *Las tres dimensiones de la Arquitectura*. Obtenido de El Globus Vermeil. (pp. 2).

ejemplo, un modelo de interior de pequeña y mediana escala asiste en cuestión de diseño de interiores, mientras que uno de exterior pequeño y mediano da una vista global del proyecto terminado; que a diferencia de uno urbano, muestra la funcionalidad de un espacio macro que contiene a una mayor cantidad de variables como son la circulación, el equipamiento, las áreas verdes y todo tipo de edificio.

### 4.1.3. Método de Representación

Partiendo del método más común en la representación digital de proyectos arquitectónicos, se toma el render como base de comparación por ser el que conlleva una menor cantidad de procesos y programas para su elaboración, además de ser el que ofrece poca información y que cuenta con mínimos datos multimedia y nula interactividad.

Con esto, se plantea la creación de video como un nivel más avanzado que contiene mayor cantidad de contenido, desde imagen hasta sonido con mínima interactividad, solo útil para pausar, adelantar o regresar el video.

Conforme se siga avanzando a los siguientes (RV, RA, RM) el nivel de interacción será mayor, permitiendo al usuario tener una experiencia diferente y que contendrá elementos de realidad y simulación en diferentes cantidades.

### 4.1.4. Herramienta

Algunos métodos de representación requieren de un dispositivo o hardware diferente para su demostración. Por lo que se hace una tabla que ofrece opciones de proyectos realizables con las herramientas, modelos y métodos mencionados.

### 4.1.5. Interacción

- **Render y Video:** No existe interacción, es solamente una imagen alusiva que no puede ser modificada ni recorrida a libertad en ese instante.
- **Paseo virtual:** El usuario tiene autonomía para desplazarse en el entorno por medio de 6 grados de libertad\* de movimiento. Con interacción escalable: paneles de información, botones desplegados, objetos interactivos (puertas, lámparas, cambio de color o acabado), organización de objetos de la escena).

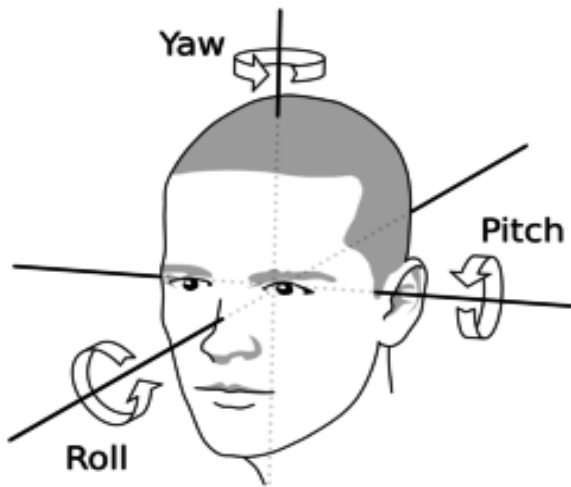
- **Video 360:** Movimiento de rotación de 3 grados de libertad\*, se muestra un video panorámico despegado en una esfera estando el usuario en el centro.
- **Entorno de imágenes 360:** Render panorámicos que se despliegan sobre una esfera, el usuario tiene 3 grados de libertad para rotar la vista, adicionalmente a diferencia del video 360, se puede agregar interacción de desplazamiento por medio de nodos de interacción (un ejemplo es Street View de Google Maps). elementos interactivos como despliegue de información, traslado a puntos de interés usando Eye-Gaze.
- **Entorno virtual interactivo:** El usuario tiene autonomía para desplazarse en el entorno por medio de 6 grados de libertad de movimiento\*\*, cuenta con controles que también usan 6 grados de libertad (posición y rotación) que implementan botones, palancas (joystick), y sensores táctiles. Por el uso del casco se tiene una experiencia de visualización estereoscópica. Con interacción escalable: paneles de información, botones desplegados, objetos interactivos (puertas, lámparas, cambio de color o acabado), organización de objetos de la escena.
- **Maqueta Virtual:** Se requiere de un objetivo o marcador que sirva para desplegar los modelos 3D de la escena, se puede interactuar por medio de la pantalla táctil o cualquier otro sensor del dispositivo, o por medio de botones virtualizados sobre la escena. Se puede desplegar información, mostrar, ocultar o modificar objetos de la escena, eso sin pasar por alto las ventajas de visualización que brinda la realidad aumentada.
- **Hojas de datos:** Desplegar información adicional como podrían ser modelos 3D, audio, o información adicional más específica, que permitan complementar la información física (planos o pantallas informativas).
- **Recorrido virtual:** (Realidad Mixta) Por medio de reconocimiento espacial se colocan anclas o puntos clave que permitan desplegar una escena a escala real, con el objetivo de brindar al usuario la percepción a escala real transitable.

\* 3 grados de libertad: Transformaciones lineales (X, Y, Z) o rotaciones (pitch, roll, yaw). **Ver**

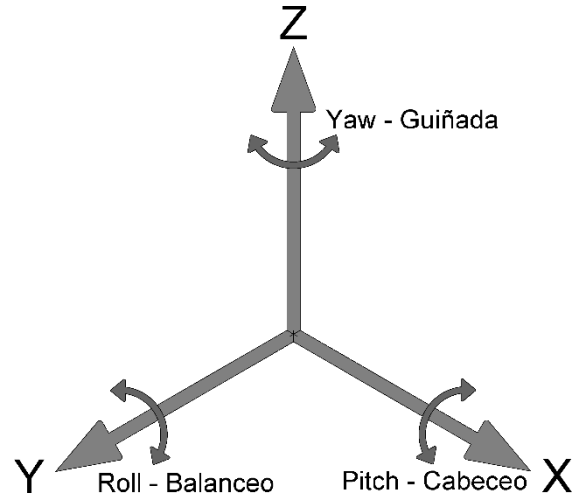
**Diagrama 8.**

\*\* 6 grados de libertad: Transformaciones lineales (X, Y, Z) y rotaciones (pitch, roll, yaw). **Ver**

**Diagrama 9.**



**Diagrama 8.** Los ángulos de giro, inclinación y balanceo en el movimiento de la cabeza humana. Researchgate: Jorma Tapio Laaksonen, 2016.



**Diagrama 9.** Sistema de coordenadas de mano derecha mostrando seis grados de libertad. (Elaboración propia)

**T A B L A 2 . P R O T O T I P O S**

Modelo - Dimensión	Proyecto	Método de Representación				
		Render	Video	RV	RA	** RM
Herramienta	Teléfono (cardboard) / Tablet					
1 Interior S	Biblioteca	- Imagen	- Multimedia	- Entorno virtual interactivo - Paseo virtual - Video 360	- Maqueta con hojas de datos	- Recorrido virtual
2 Interior S	Casa					
3 Exterior S	Maqueta					
4 Exterior M	Edificio					
5 Urbano L	Polígono urbano					

S: Pequeña Escala / M: Mediano / L: Gran Escala

## 4.2. CONTENIDO DE LAS FICHAS TÉCNICAS

Se plantea estudiar cada prototipo a partir de algunas premisas propuestas basado en diferentes cuestiones técnicas; considerando las características específicas del proyecto, tiempo, calidad visual y de interacción, así como las herramientas requeridas para llevar a cabo cada prototipo.

### 4.2.1. Proyecto

Referido a la base del proyecto, dependiendo la tipología de la construcción y la finalidad con que se pretende realizar el modelo (presentación, simulación o de alta capacidad de configuración),



surgen múltiples opciones para trabajar, sin embargo, la finalidad con que se pretende el proyecto puede sugerir diversas acciones a tomar, así mismo, contando con diferentes tecnologías para un mismo fin.

#### **4.2.2. Tipo de representación (Render, VR, AR, MR)**

El uso de diferentes métodos para lograr funciones y visualizaciones desde otras perspectivas da como resultado maneras más específicas a partir de las visualizaciones con puntos de enfoque destinados a detalles determinados. Es necesario aclarar que no es mejor una que otra, ya que ambas aportan recursos valiosos, pero para lograrlo hay que saber cómo aplicarlas en el proceso.

#### **4.2.3. Magnitud del proyecto (X, S, U, cantidad de modelos)**

Las dimensiones de cada proyecto exigen características específicas, es decir, no es lo mismo mostrar el diseño de un comedor de una pequeña casa comparado a la inmensidad de un centro comercial o un edificio habitacional, y como es respectivo a los planos que cada caso requiere, ocurre lo mismo con las visualizaciones, desde modelos a escala hasta apreciaciones in situ, e inclusive, inspección de elementos ocasionalmente invisibles como instalaciones o estructura. Para esto, se trabajará con tres magnitudes.

#### **4.2.4. Nivel de detalle (posible nivel alcanzable de realismo considerando las capacidades del hardware requerido)**

La calidad del entorno recreado es proporcional al tiempo de desarrollo. Es por eso que se debe especificar que sección del mismo proyecto es la que se va a modelar, para poder demostrar que no es necesario desperdiciar los recursos en la elaboración completa del modelo, así como saber aprovechar los recursos del sistema conociendo qué objetos descartar, pues no tiene utilidad para los propósitos del mismo proyecto, por ejemplo, objetos que la cámara jamás visualizará. Además, es necesario considerar que, dependiendo el hardware utilizado, puede ser imposible lograr un nivel de foto realismo, ya sea por cuestiones como sobrecalentamiento, consumo de batería, o insuficiencia de procesamiento en general. Así mismo, se debe contemplar la habilidad del desarrollador, ya que de esto depende en gran medida el nivel de perfeccionamiento y realismo resultante.

#### **4.2.5. Nivel de interacción (analizar de manera general los elementos interactivos realizables)**

A partir de las capacidades del hardware (entrada - salida), analizar las potenciales aplicaciones de usos o de interfaces que podrían ser implementadas, para brindar una mejor experiencia a los usuarios. (Botones, sonidos, imágenes, animaciones, etc.). Por ejemplo, una pantalla touch puede ofrecer interacción con botones virtuales; o con el sistema SWIPE se puede controlar a partir de gestos corporales.

#### **4.2.6. Calidad de interacción (manejo intuitivo de los elementos interactivos) (UI : User Interface)**

Conocido como UI, la Interfaz de Usuario se basa en la manera en que se genera la interacción con el sistema, es decir, la forma en que los usuarios manejan el programa o herramienta ofreciendo mayor facilidad y entendimiento. El objetivo del UI es diseñar una interfaz amigable que sea lo más eficiente y simple para que cualquier persona sea capaz de comprender su funcionamiento y brindar la información solicitada de manera adecuada.

#### **4.2.7. Herramientas necesarias (Hardware básico y elementos virtuales: modelos 3D, sonidos, texturas, “assets”)**

En este punto se habla de los recursos, en su mayoría externos al software, desde elementos virtuales, como son bibliotecas de sonido, texturas o modelos 3D, conocidas como “assets”; hasta hardware básico, limitado a la capacidad del aparato, pues como ya ha sido mencionado anteriormente, los problemas causados por un dispositivo como son el caso del sobrecalentamiento, el consumo excesivo de batería o la insuficiencia del procesador, generan un marco donde las limitantes que cada dispositivo puedan delimitar los alcances del proyecto.

#### **4.2.8. Software (Tipo de programa necesario para elaboración)**

Cada software ofrece diferentes funciones, aplicaciones y beneficios, desde los editores de imágenes, motores de juego, editores de videos, CAD y modelado 3D. Es común utilizar programas que, si bien logran el objetivo, podrían no ser los idóneos, un buen ejemplo es visible con los programas CAD, que son capaces de generar recorridos virtuales, sin embargo, es recomendable usar un programa con mayor especialidad en la función que se busca lograr.

Dependiendo el resultado y tipo de representación, y conforme a la figura 9, el esquema aclara que puede requerir uno o varios programas dependiendo de las funciones que estos contengan y de los conocimientos el mismo diseñador.

Dentro de algunos de los programas útiles son:

- CAD: Para la base y proporción del modelo.
- Modelado 3D, para la creación de las figuras tridimensionales, las cuales no contienen colores o texturas.
- Editor de código, con lenguajes de programación como pueden ser C+, C++, C#, JavaScript, Python, etc.
- Softwares de pintura y texturizado, que brindaran al modelo con mapas de color, altura, volumen y sombras.
- Iluminación, diversos programas contienen en su estructura esta función, sin embargo, en algunos casos los diseñadores deciden utilizar programas independientes.
- Editores de postproducción, dependiendo si se trata de una imagen, se requerirá de editores de imágenes; si es una animación, será un editor de videos.
- Motores de renderizado, que mostraran todos los aspectos gráficos que se hayan configurado del proyecto.
- Motores de juego, que puede contener un motor de renderizado para gráficos, motor de físicas, detección de colisiones, gestión de scripts, animaciones e Inteligencia Artificial.<sup>82</sup>

#### 4.2.9. Notas generales

En esta sección se anotarán las conclusiones de manera general del ejemplo de análisis, también posibles observaciones y comentarios que surjan a lo largo del desarrollo, formulados pertinente y puntualmente, y que además no hayan sido tratados en alguna de las secciones anteriores.

**Método base:** Previo a cualquier generación de modelo, se optó por generar un plano base CAD que permitiera generar puntos de referencia para la realización de los modelos tridimensionales de manera más proporcionada, siendo así que a través de líneas y cuadros se indican los cruces, aperturas y finales de muro.

---

<sup>82</sup> Miñarro, P. M. (2015-2016). *Desarrollo de una Aplicación de Realidad Virtual*. España: Universitat Politècnica de València. (pp. 24 - 28)

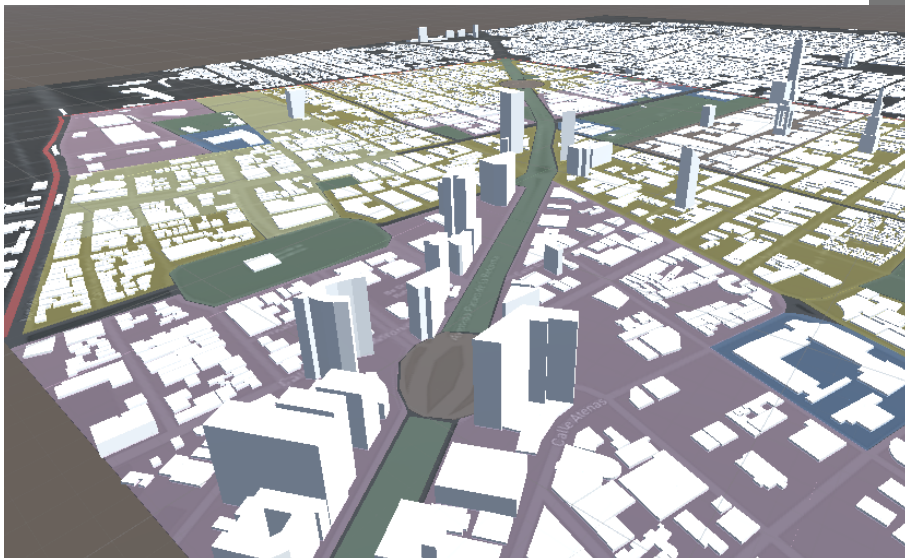
## Proyectos Prototipo

Para este análisis se proponen los siguientes proyectos, los cuales, dependiendo su magnitud y características están clasificados en la tabla anterior, y para lo cual serán seleccionados para generar y demostrar diferentes sistemas de interacción y grafica que permitan resaltar los atributos de cada proyecto. Véase **Figura 2, Render 11 y 12.**



**Figura 2.** Planta Arquitectónica s/e. House C: Chiba, Japón. Hiroshi Nakamura & NAP Architects.

**Render 11.**  
Edificio de  
15 niveles.



**Render 12.**  
Modelo urbano

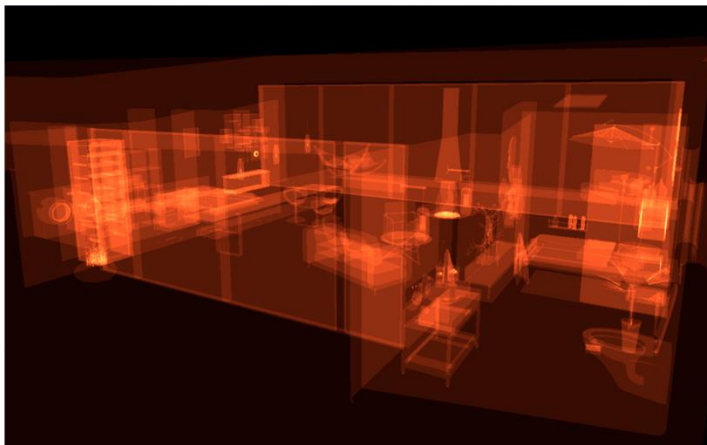
# RENDER: Interior (S)

Previo a cualquier generación de modelo, se optó por generar un plano base en CAD que permitiera generar puntos de referencia para la realización de los modelos 3D de manera mas proporcionada. Es necesario planear lo que se mostrará al usuario ya que de esto dependerá la cantidad y el nivel de detalle de los objetos a modelar.

Teniendo completo el modelo tridimensional, se asignaron las texturas en un formato con dimensión promedio a 2K. Se utilizaron repetidamente en varios objetos para optimizar los recursos y el tiempo de procesamiento. Posteriormente se colocaron los puntos de luz o focos y se realizó el cocinado de reflejos y luz, con el cual se asignan los brillos y reflejos en las superficies y la proyeccion de sombras.

Obteniendo al final una imagen con alta calidad y contraste que muestra mayor realismo.

Desde imagenes sencillas hasta vistas de rayos X y fotorrealismo.





Vista de un proyecto habitacional de interior.

**Nivel de detalle:** Alto:

amueblado, acabados, decoracion, iluminacion y retoque de post-produccion.

**Nivel de interaccion:** Nulo

**Calidad de interaccion:** Nulo - Bajo, debido a la interfaz multimedia del dispositivo donde se visualiza.

**Herramientas necesarias:**

Computadora, assets de mobiliario, texturas, cielos panorámicos (Mapa HDRI).

**Software:** Autocad 2019 (CAD), Blender 2.79 (Modelado 3D), Substance Painter 2 (Software de pintura y texturizado), Iray Renderer (Motor de renderizado).



# RENDER: Exterior (M)

Ofrece una imagen con gran detalle y de fácil difusión, pero es difícil lograr un ángulo que permita mostrar todo lo que se desea o requiere, especialmente en el caso del proyecto urbano. El nivel de detalle empieza desde un nivel hiperrealista y va disminuyendo mientras el proyecto se vaya agrandando. En el caso del urbano, puede manejarse una imagen sin renderizar como puede ser una captura de pantalla, y luego se realiza una postproducción que asista al entendimiento de esta.

Es necesario optimizar los modelos de mobiliario para reducir su peso, ya que, de no hacerlo, aumenta en gran medida el tiempo de renderizado.



Es de igual importancia manejar de manera correcta las texturas a través de mapas (normal, altura, oclusión ambiental, specular, etc.), reduciendo así el detalle de la malla del modelo y facilitando su manejo.

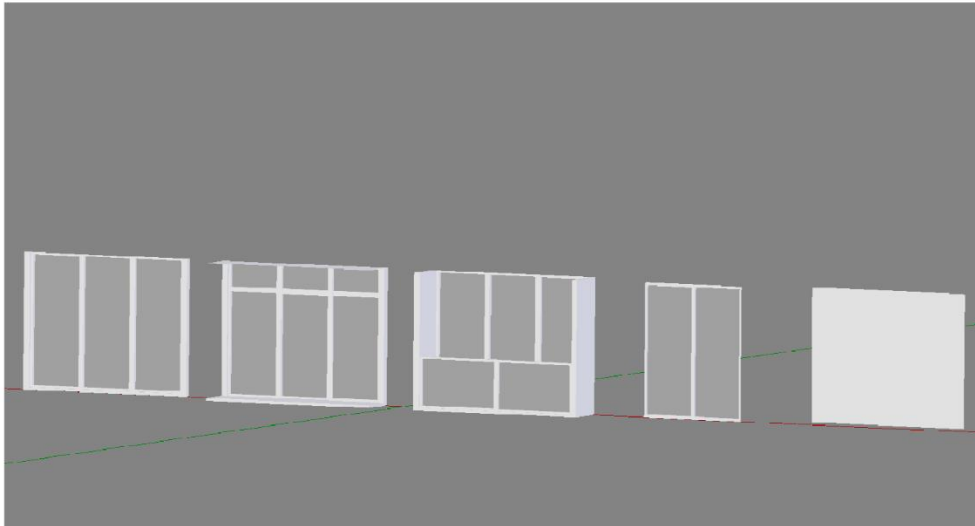
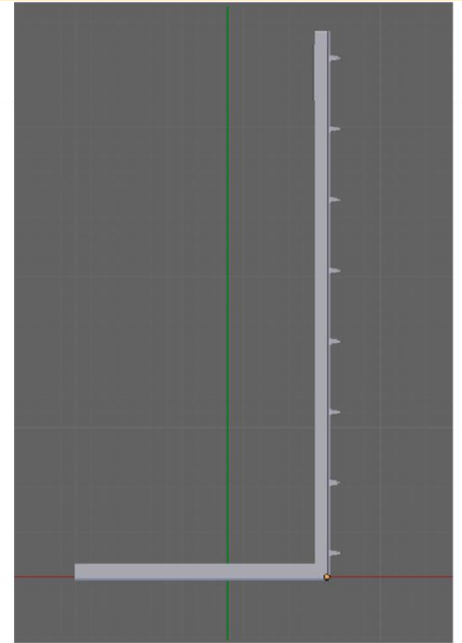
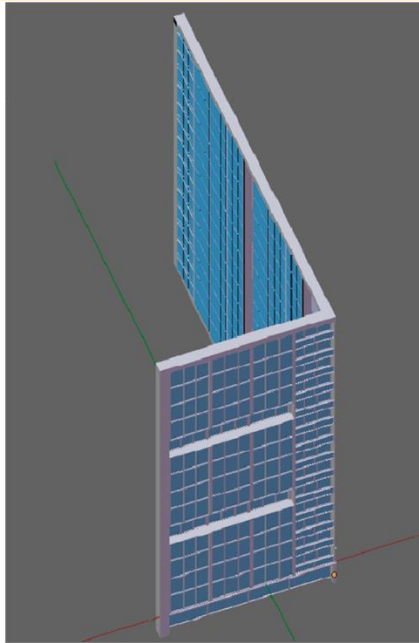
**Nivel de detalle:** Intermedio: acabados, decoración, iluminación, retoque de post-producción, y en caso de ventanas se recomienda usar brillo para evitar mostrar detalle de interiores.

**Nivel de interacción:** Nulo

**Calidad de interacción:** Nulo - Bajo,

**Herramientas necesarias:** Computadora, Assets de texturas, cielos panorámicos (Mapa HDRI), Fake Interiors (simulación de interiores).

**Software:** Blender 2.79 (Modelado 3D).



Para lograr este render, solo fue necesario modelar 5 tipos de muros que fueron repetidos verticalmente, y los cuales corresponden a dos fachadas en L.







# VIDEO: Interior (S)

Habrán ocasiones donde se requiera modelar y amueblar casi por completo el proyecto.

Requiere de los mismos procesos que el render, sin embargo también puede necesitar una mayor cantidad de objetos a modelar, ya que también muestra más contenido que una sola imagen. Además utiliza mayor tiempo de procesamiento ya que cada fotograma es un render, siendo así necesario equilibrar la salida de video para que se obtenga un resultado fluido y con una cantidad apropiada de cuadros por segundo (fps).

La finalidad es generar un multimedia sencillo con calidad cinematográfica que muestre en poco tiempo un proyecto.

**Nivel de detalle:** Alto: amueblado, acabados, decoración, iluminación.

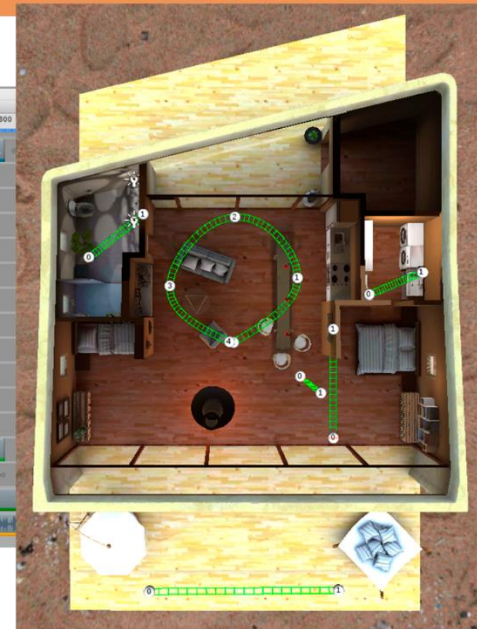
**Nivel de interacción:** Nulo

**Calidad de interacción:** Medio, pues el manejo lo brinda la interfaz multimedia del dispositivo donde se visualiza.

**Herramientas necesarias:** Computadora, assets de mobiliario, texturas, cielos panorámicos (Mapa HDRI), y Cinemachine (sistema cinematográfico).

**Software:** Autocad 2019 (CAD), Blender 2.79 (Modelado 3D), Substance Painter 2 (Software de pintura y texturizado), Unity 2018 (Motor de juego).

El recorrido debe ser diseñado, destacando los elementos mas interesantes, y con transiciones suaves. Todo sera visible en una linea del tiempo.



Dentro de la linea de tiempo (timeline) podremos ir acomodando las animaciones y audio. Es necesario implementar transiciones ya que de no ser asi el video puede causar problemas cognitivos (mareos.)

Antes de realizar el video es necesario asegurarse de que el cocinado de reflejos y luz se hayan elaborado.

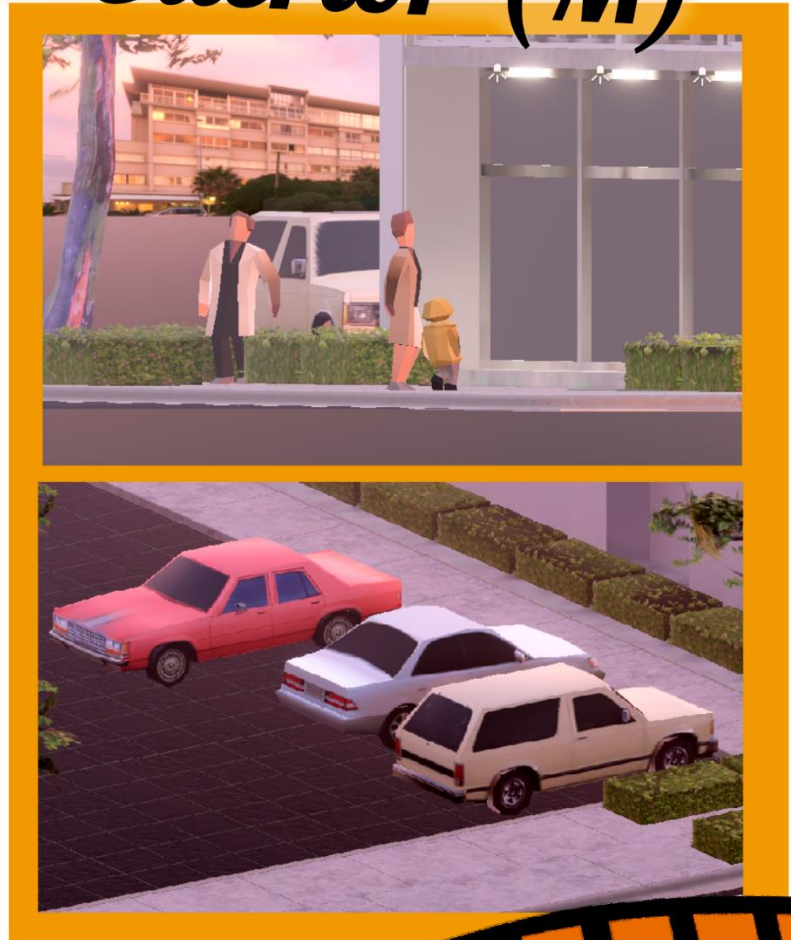
PROYECTO HABITACIONAL  
INTERIORES

# VIDEO: Exterior (M)

Este modelo se maneja exactamente igual que en el render con dos fachadas, sin embargo requiero de un programa que facilitara y acelerara el proceso de procesamiento del video.

Existen diversos assets que pueden ayudar con la ambientacion ya sea vegetal o humana ofreciendo al modelo una perspectiva y escala.

Sin embargo, se obtiene un video de alta calidad, pero con poca informacion, ya que uno no puede decidir lo que quiere ver, solo se muestra lo que el diseñador decide, por lo que es poco interactivo, tomando asi que la interactividad solo de trata de reproducir, adelantar o regresar el video.



La ambientacion puede ayudar a dar mas realismo a la escena.





Fue necesario modelar las cuatro fachadas del edificio e implementar el pavimento para una vista mas interesante

En caso de existir ventanas se recomienda usar brillo para evitar mostrar el detalle de interiores.

**Nivel de detalle:** Intermedio – Alto: amueblado, acabados, decoracion, iluminacion.

**Nivel de interaccion:** Nulo

**Calidad de interaccion:** Medio, pues el manejo lo brinda la interfaz multimedia del dispositivo donde se visualiza.

**Herramientas necesarias:** Computadora, Assets de texturas, cielos panorámicos (Mapa HDRI), Fake Interiors (simulación de interiores) y Cinemachine (sistema cinematográfico).

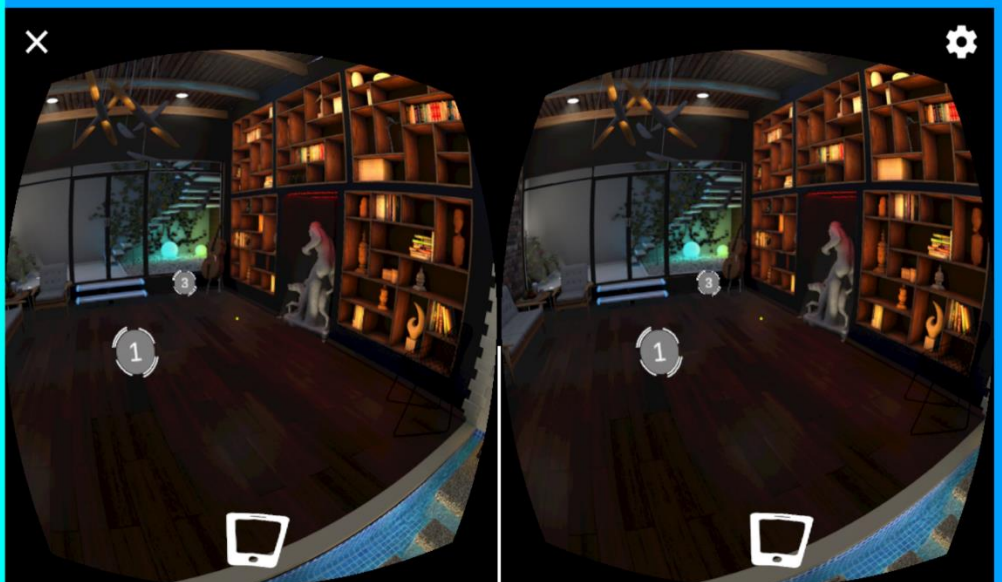
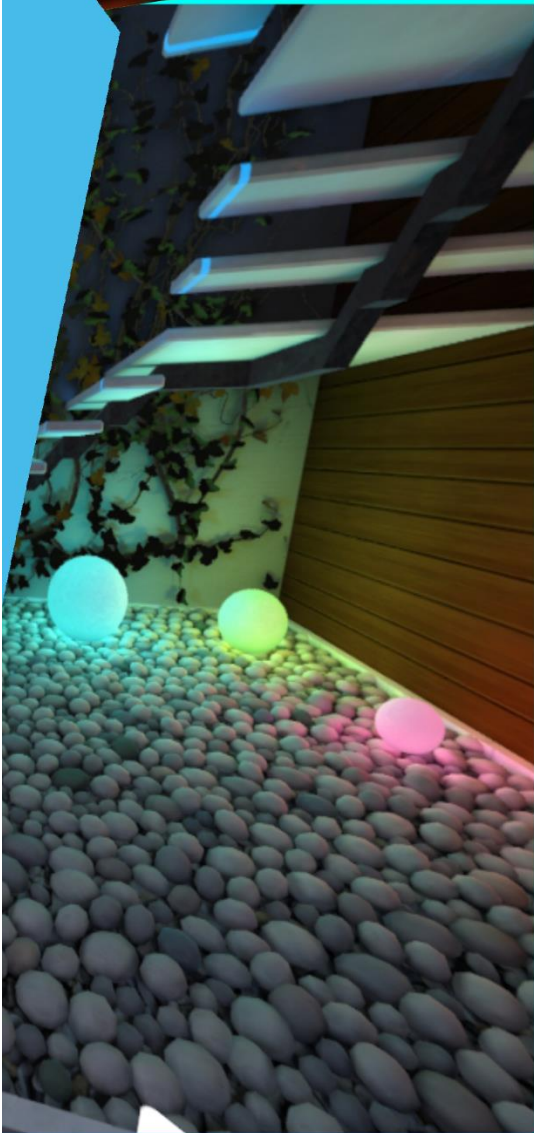
**Software:** Blender 2.79 (Modelado 3D), Unity 2018 (Motor de juego).

# REALIDAD VIRTUAL:

Ofrece un recorrido bastante personal, que puede lograr una gran experiencia debido a que el Cadrboard da un mayor nivel de inmersión.

Requiere de dos imagenes panoramicas (una por ojo) para lograr la sensacion de ubicacion sobre un espacio, de no ser asi, se pierde el efecto tridimensional y se muestra una imagen plana y sin profundidad.

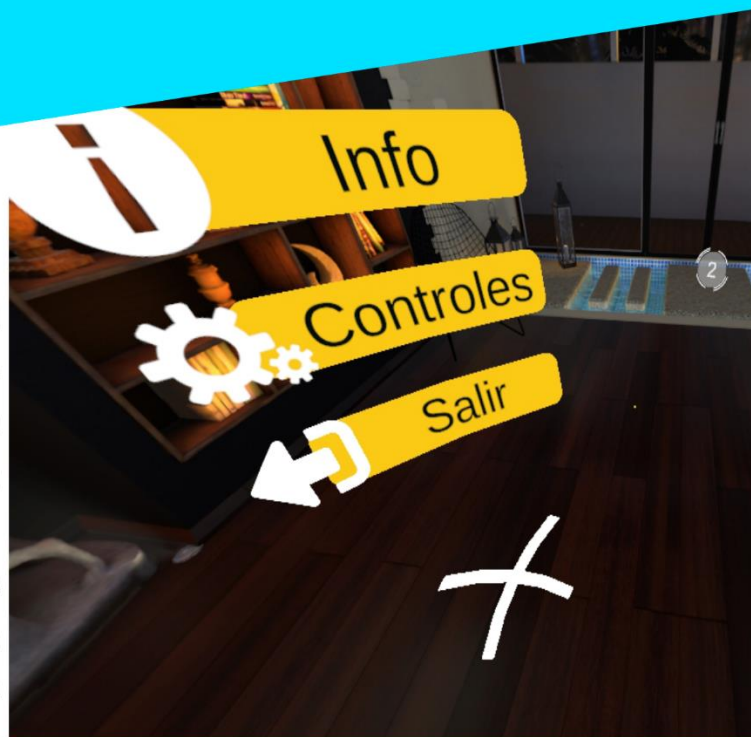
En este proyecto se optó por mostrar ambas versiones (2D y 3D) con el objetivo de demostrar los resultados dependiendo del equipo con el que se cuenta.



# Biblioteca (S)

Un dato importante es el efecto de la disonancia cognitiva, causada por la confusión entre el espacio que se ve y en el que se encuentra, es decir, el usuario desea desplazarse a través del espacio que observa sin considerar lo que en realidad lo rodea, lo cual puede provocar mareo y en ocasiones accidentes como caídas y golpes.

Para su elaboración, se creó un modelo 3D completamente amueblado. Posteriormente se ubicaron dos cámaras en proporción a la separación de cada ojo y se realizó una captura de imagen de 360° (panorámica), la cual se utilizó como fondo (skybox - cubemap). Finalmente se realizó la interfaz que permitiría cambiar de posición en la escena.

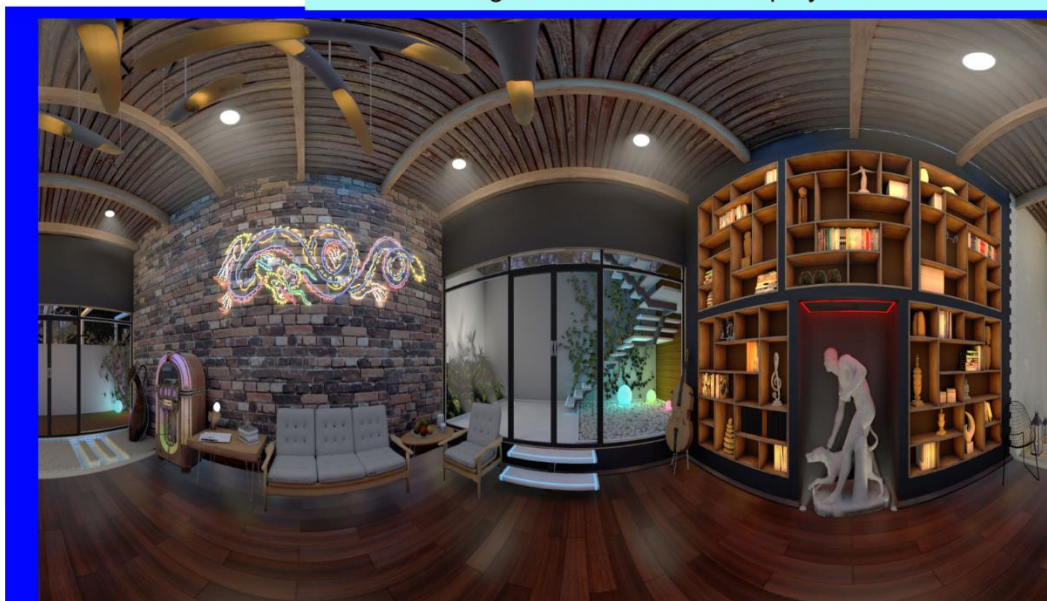


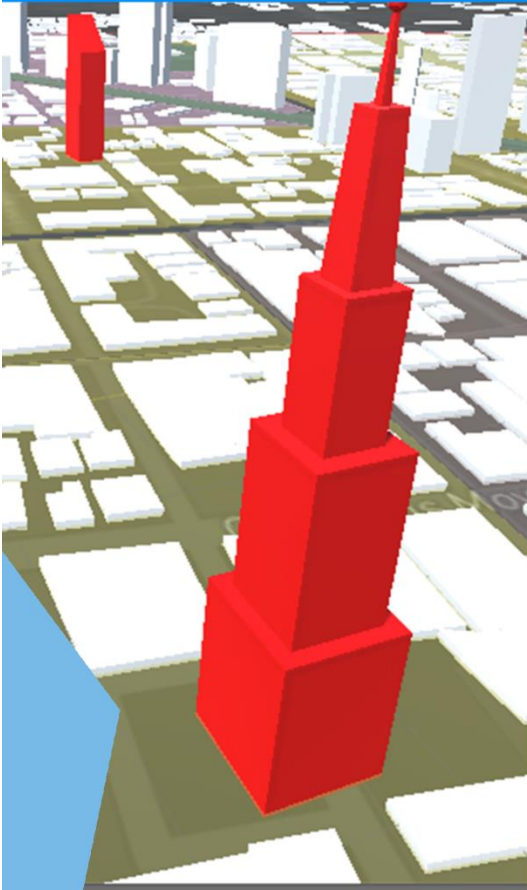
La interfaz permite intercambiar la modalidad de visualización, mostrar datos y controles así como también regresar a la selección de proyectos.

**Nivel de detalle:** Intermedio: acabados, decoración, iluminación.

**Nivel de interacción:** Nulo.

**Herramientas necesarias:** Cardboard, Assets de texturas, Blender 2.79 (Modelado 3D), Unity (Game Engine), Curved UI (Asset).





Para lograr obtener el modelo, se utilizo un asset llamado Map Box, debido a que la dimension de los modelos urbanos no permite que sean realizados personalmente.

La interfaz diseñada tomo como ejemplo la demostracion del uso de suelo y la ubicacion de edificios, esto con la finalidad de manifestar que es posible implementar cualquier idea a este tipo de proyectos. Se debe considerar el tipo de representacion que se esta realizando para poder elegir de manera correcta los controles que va a requerir, en este caso se habla de una pantalla tactil en la cual se implementaran menus y cuadros de datos. Por lo que seria util aplicar controles intuitivos y estandarizados. Asi como tambien algunos botones que faciliten la orentacion en el modelo.

# REALIDAD VIRTUAL: Urbano (Q)

Nivel de detalle: Bajo: contorno urbano monocromatico, acabados sencillos en edificios de interes.

Nivel de interaccion: Alta, el usuario puede navegar sobre el espacio

Calidad de interaccion: Media, influye el tamaño de la pantalla respecto a la interfaz.

Herramientas necesarias:

Computadora, MapBox (Asset: base de datos urbano), interfaces para pantalla tactil.

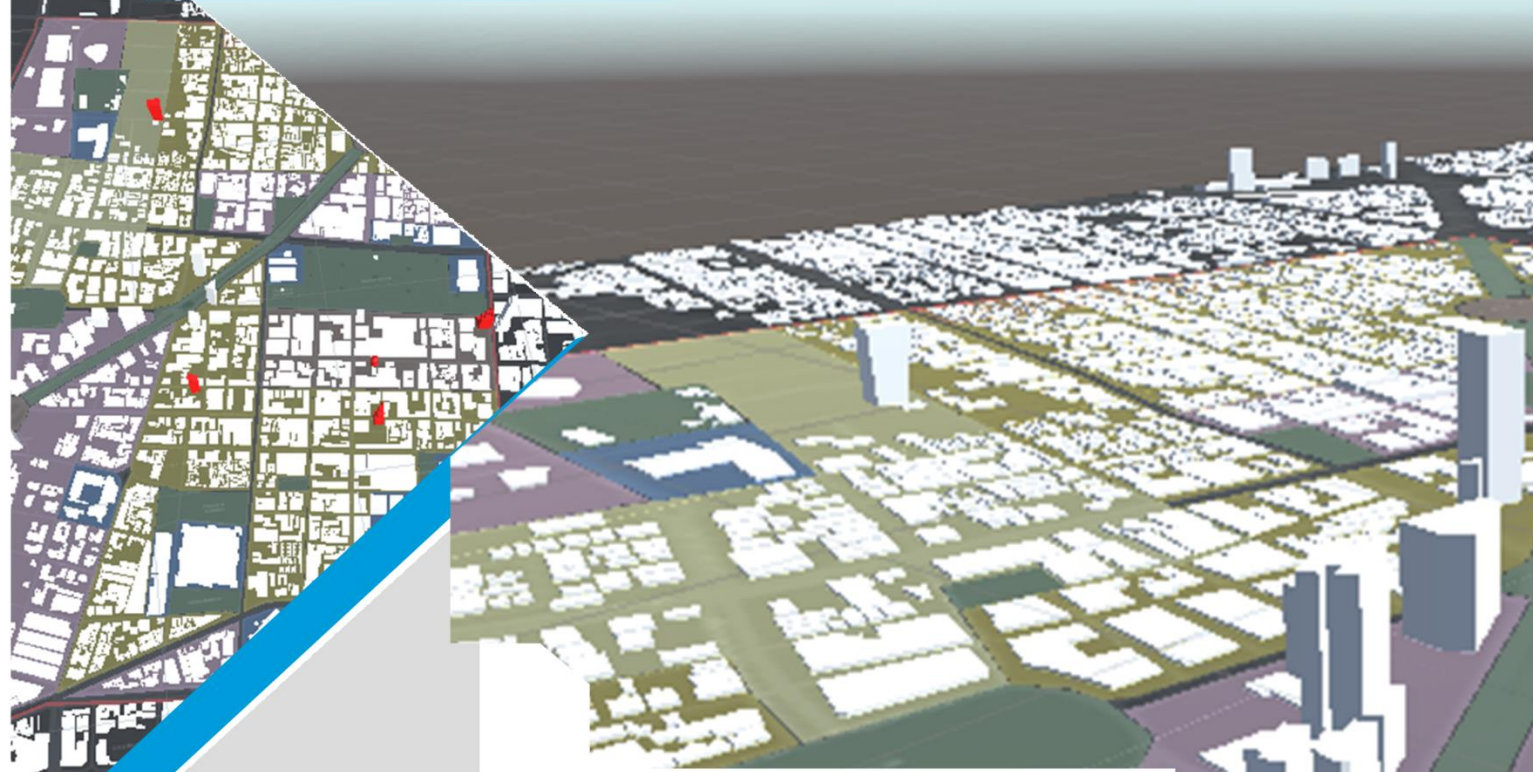
Software: Unity 2018 (Motor de juego), MapBox (Asset: base de datos urbano).

```
void CreateScaleGesture()
{
    scaleGesture = new ScaleGestureRecognizor();
    scaleGesture.StateUpdated += ScaleGesture_StateUpdated;
    Fingerscript.Instance.AddGesture(scaleGesture);
}

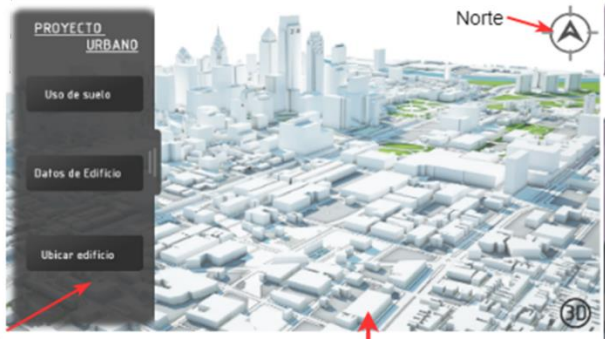
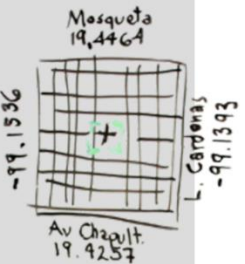
#endregion

#region GESTURES CALLBACKS
private void PanGesture_StateUpdated(gesturerecognizer gesture)
{
    if (target == null) return;
    // Reset RigidBody
    if (gesture.State == GestureRecognizorState.Began)
    {
        RigidBody rb = target.GetComponent<RigidBody>();
        if (rb != null)
        {
            rb.isKinematic = true;
            rb.angularVelocity = Vector3.zero;
        }
        if (target.transform.parent.GetComponent<TargetBehaviour>() != null)
        {
            target.transform.parent.GetComponent<TargetBehaviour>().Disable();
        }
        else if (target.GetComponent<VideoLayerController>() != null)
        {
            if (Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(new Vector3(pangesture.Focusx, pangesture.Focusy)), 100f, LayerMask.GetMask("Video")))
            {
                target.GetComponent<VideoLayerController>().Play();
            }
        }
    }
    if (mode == ViewMode.MI_Node)
    {
        // Check wich pan behaviour is going to be used
        if (gesture.State == GestureRecognizorState.Executing)
        {
            // Drag = Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(new Vector3(pangesture.Focusx, pangesture.Focusy)), 100f, LayerMask.GetMask("Target"));
            drag = false; // Drag
        }
        // Drag
        if (gesture.State == GestureRecognizorState.Executing && drag)
        {
            RaycastToRay(Camera.main.ScreenPointToRay(new Vector3(pangesture.Focusx, pangesture.Focusy)), out hit, 100f, LayerMask.GetMask("Ground"));
            if (hit)
            {
                position = hit.point + (Vector3.up * yOffset + target.transform.localScale.y);
                position = hit.point;
            }
        }
    }
}
```

Cada acción propuesta requiere de un código de programación específico.



- USO DE SUELO**
1. CB - Centro de Barrio
  2. EA - Espacio Abierto
  3. E - Equipamiento
  4. H - Habitacional
  5. HC - Habit. con Comercio
  6. HM - Habitacional Mixto
  7. HO - Habit. con Oficinas
  8. PAT - Patrimonio



Menu Vista 360° a través de paneo con flecha de mouse Click en edificios sobresalientes



Clic para pasar a otro menu



Click para activar y desactivar

Señalar con flecha muestra datos.

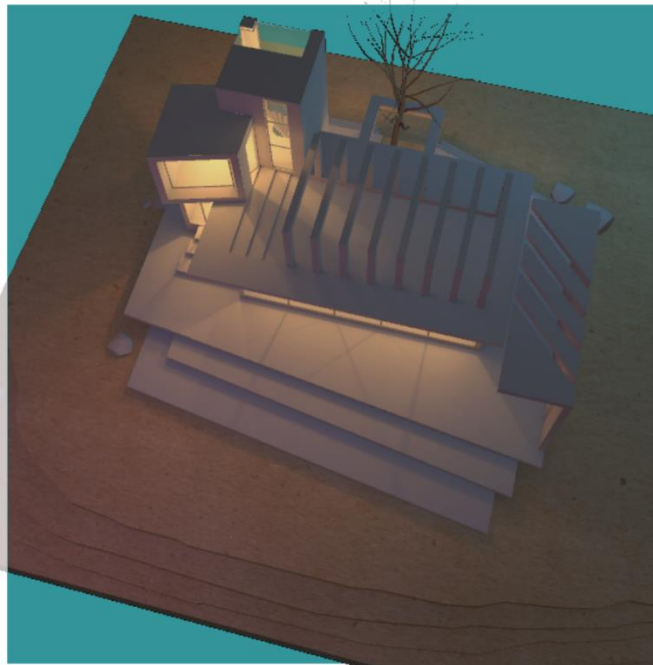
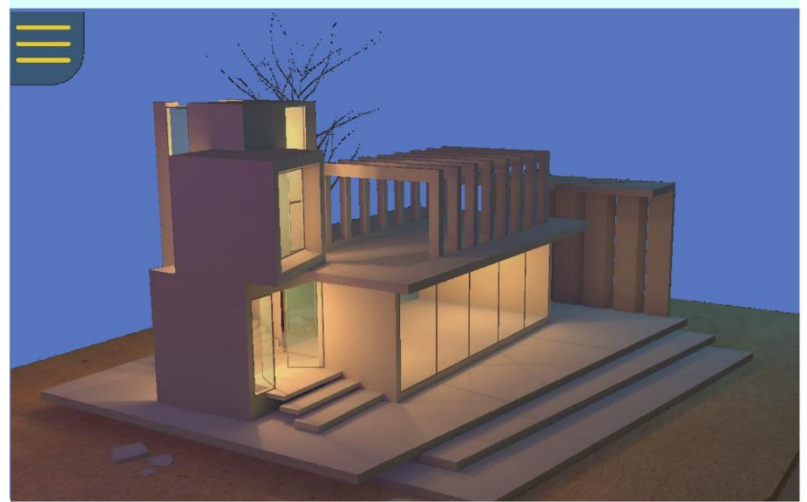


Click pasa a ventana con datos de contacto.



# REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA (Maqueta)

Este proyecto tiene la intención de mostrar un estilo similar a una maqueta, con materiales sencillos como papel y cartón, mostrando una propuesta volumétrica simple. Esto permite ahorrar una gran cantidad de tiempo durante su elaboración ya que utiliza una paleta de materiales mínima y nula cantidad de mobiliario, ofreciendo la oportunidad de aprovechar el tiempo en el desarrollo de controles interactivos o interfaces de usuario.



## Nivel de detalle:

Básico: acabados (5 máximo), iluminación.

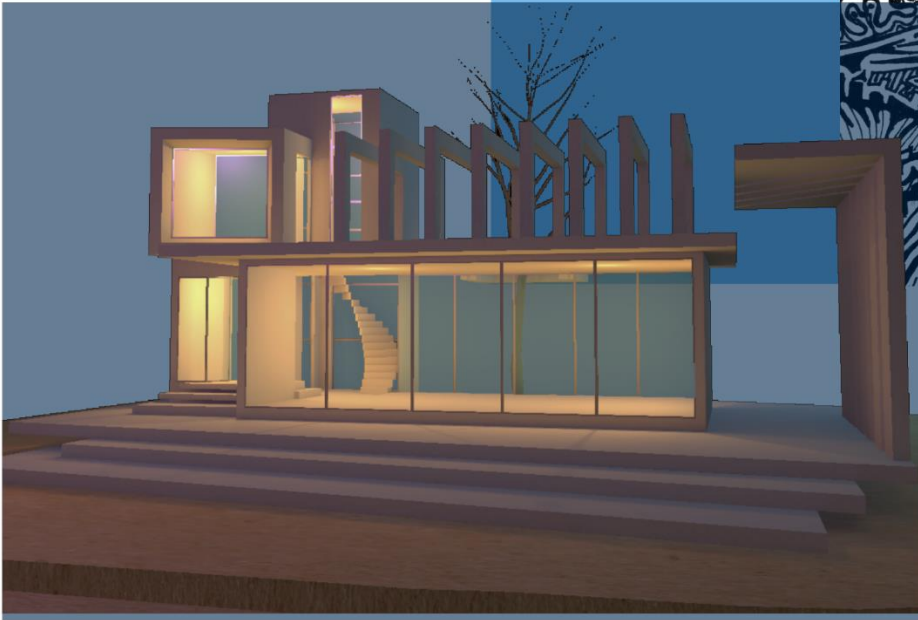
## Nivel de interacción:

Sencillo (táctil y/o física (desplazamiento)).

## Herramientas

**necesarias:** Assets de texturas, Blender 2.79 (Modelado 3D), Unity (Game Engine), Doozy (Herramienta de UI).

Comparando el mismo proyecto pero con uso de realidad virtual y realidad aumentada demuestra mínimas diferencias, siendo una de las principales el uso de un marcador impreso que permite a la cámara del dispositivo ubicar y sobreponer el modelo 3D sobre la imagen tomada del mundo real. También cambia la manera de navegación, en muestras de RV se requiere del uso táctil de la pantalla para acercar o rotar el modelo, mientras que en RA uno se desplaza físicamente para observar el modelo.



La selección de un marcador en ocasiones puede ser más complejo de lo que parece, ya que en ocasiones no tiene suficiente información para rastrear. En este caso se usó la imagen de arriba como marcador debido a que fue la única que el programa pudo reconocer.

**Tabla 3. Método de Representación**

Render	Video	Realidad Virtual	Realidad Aumentada	Realidad Mixta
<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Poco tiempo requerido para la elaboración del modelo 3D.</li> <li>✔ Máxima versatilidad.</li> <li>✔ Requiere poco software.</li> <li>✔ Usa una computadora para procesar la imagen.</li> <li>✔ No requiere diseño de interfaz.</li> <li>✔ Es de fácil producción y manejo.</li> <li>✔ No requiere animación.</li> <li>✔ Puede ser impreso en un lienzo.</li> <li>✘ Mucho tiempo al procesar la imagen.</li> <li>✘ No existe la garantía que después del tiempo de procesamiento, el render sea el esperado.</li> <li>✘ De requerir cambios posteriores, implica nuevamente el tiempo de procesamiento.</li> <li>✘ Carece de interactividad.</li> <li>✘ Es posible que no se muestre lo que se desea ver.</li> <li>✘ En la mayoría de los casos, se requiere más de una imagen - render.</li> <li>✘ Necesita post-edición.</li> <li>ⓘ Existen muchos softwares dedicados al render.</li> <li>ⓘ Gran cantidad de especialistas en render.</li> <li>ⓘ La resolución de salida, influirá en el peso del archivo final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Poco tiempo requerido para la elaboración del modelo 3D.</li> <li>✔ Mayor versatilidad.</li> <li>✔ Requiere poco software.</li> <li>✔ Usa una computadora para procesar el video.</li> <li>✔ No requiere diseño de interfaz.</li> <li>✔ Es de fácil producción y manejo.</li> <li>✔ Muestra más información y detalles que el render.</li> <li>✔ Se puede ambientar con elementos multimedia (música).</li> <li>✘ Requiere mayor tiempo de procesamiento que el render.</li> <li>✘ Necesita post-edición.</li> <li>✘ De requerir cambios posteriores, implica nuevamente el tiempo de procesamiento.</li> <li>✘ Carece de interactividad.</li> <li>✘ Es posible que no se muestre lo que se desea ver.</li> <li>✘ En la mayoría de los casos, se requiere más de una imagen - render.</li> <li>ⓘ Dependiendo la resolución, fotografías por segundo y tiempo que dura el video, influirá en el peso del archivo final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Visualización en 360°</li> <li>✔ Plataformas de 360° ofrecen resultados a bajo costo (video 360°).</li> <li>✔ Permite visualizar a una escala real y con profundidad de visión.</li> <li>✔ Mayor sensación de realismo.</li> <li>✔ Contiene elementos interactivos.</li> <li>✔ Controles más intuitivos a partir de movimiento corporal.</li> <li>✔ Simulaciones animadas.</li> <li>✘ Mareos y náuseas provocados por el movimiento de la RV.</li> <li>✘ Si el casco es pesado, puede causar cansancio.</li> <li>✘ El costo es elevado si se solicita a alguna empresa.</li> <li>✘ Puede generar adicción en el usuario.</li> <li>✘ Puede causar problemas al momento de diferenciar entre lo real y lo virtual.</li> <li>ⓘ Experiencias con poco movimiento.</li> <li>ⓘ No conviene para uso prolongado (varias horas).</li> <li>ⓘ Son 100% virtuales.</li> <li>ⓘ Requiere como mínimo un casco en la cabeza para aislarse total o parcialmente del mundo real.</li> <li>ⓘ Comúnmente utilizado para videojuegos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Son un medio escaso, por lo que se convierte en una novedad.</li> <li>✔ Se puede usar como complemento de elementos reales.</li> <li>✔ Contiene elementos interactivos.</li> <li>✔ Permite la visualización fácil en proyectos de gran escala.</li> <li>✘ El conocimiento de esta tecnología generalmente todavía es limitado.</li> <li>✘ Se ve severamente afectado por condiciones ambientales, como la iluminación o tipos de superficie.</li> <li>✘ El exceso de datos virtuales sobrepuestos puede confundir al usuario.</li> <li>✘ Algunos sistemas operativos de móviles se encuentran muy limitados y otros se ven obsoletos ante esta tecnología.</li> <li>ⓘ Se debe ofrecer la información necesaria al usuario para mejorar su experiencia.</li> <li>ⓘ Permite diferenciar la realidad de lo virtual.</li> <li>ⓘ Accesorios como gafas son opcionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Inteligencia artificial.</li> <li>✔ Mezcla lo visual con el entorno en escala 1:1</li> <li>✔ No requiere marcadores.</li> <li>✔ Reconoce elementos espaciales.</li> <li>✘ Es la menos desarrollada, y por consiguiente con menos investigación y uso.</li> <li>✘ Requiere de un buen equipo de cómputo y cámara para su uso óptimo.</li> <li>✘ Puede confundir al usuario ya que las interfaces no son convencionales.</li> <li>✘ Las gafas para esta tecnología tienen elevado costo.</li> <li>ⓘ Solo puede ser mostrada en dispositivos móviles.</li> </ul>

✔ Positivo

✘ Negativo

ⓘ Aclaración

## 4.3. Resultados y análisis

En este apartado se compararán los resultados obtenidos por los modelos generados por computadora. Es así que se ha realizado una tabla en la cual se enlistan las propiedades positivas y negativas como también algunas aclaraciones de cada uno de los métodos de representación considerados.

### 4.3.1. Conclusiones del experimento

El render ha demostrado ser el método virtual más rápido en su tiempo de elaboración debido a la cantidad de objetos modelados requeridos,

la falta de diseño de interfaces ni animaciones, siendo una perfecta opción para modelos habitacionales y edificios económicos y con poco conocimiento para el que lo realice.

Neal Bürger menciona sobre el beneficio que puede ofrecer a la arquitectura siendo utilizada como una herramienta de planificación, como puede ser en estructuras sustentables, las cuales requieren una gran cantidad de simulación respecto a rendimiento térmico, la radiación solar, la colección fotovoltaica y la iluminación diurna, entre otras. Requiriendo para cada situación una técnica de visualización específica. A partir de lo que menciona Bürger respecto al proceso de planificación urbana, *“la visualización se centra solo en las siluetas más básicas de los edificios circundantes. El nuevo edificio es visualmente distintivo al agregar más detalle o color. Esto permite a los planificadores de paisajes urbanos juzgar cómo el nuevo edificio se ajusta a su entorno”*<sup>83</sup>. Se considera que, teniendo en consideración los colores manejados en proyectos de gran envergadura, puede facilitar la localización de elementos, resaltar los elementos de mayor importancia y evitar confusión en el usuario.

Sin embargo, debo mencionar que, debido a la complejidad de la realidad mixta, no fue posible elaborar un proyecto sencillo y que cumpliera con los requisitos que se proponen al inicio de esta investigación, siendo necesario descartar este sistema de representación. Esto se debe a que se requiere de equipo que sea capaz de reconocer tanto el espacio como también los objetos que en

<sup>83</sup> Bürger, N. (2013). *Realtime Interactive Architectural Visualization using Unreal Engine 3.5*. Alemania, Múnich: LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

este se encuentran además de que se requiere de códigos de programación complejos y el diseño de un proyecto que pueda ser compatible y a la vez interesante para el usuario.

Respecto a los proyectos de realidad aumentada, debo advertir de la importancia en el diseño del marcador que requerirá. Este tema me tomó bastante tiempo de pruebas y errores, debido a que el sistema con el cual se asigna la imagen del marcador es la que avala que la imagen pueda ser útil para la aplicación. Fue interesante observar cómo en muchos casos es más importante usar la figura que el color.

### 4.3.2. El potencial

No solo se trata de un entorno a partir del cual poder visualizar y evaluar el proyecto, sino que integra la capacidad de ser producido. En el mundo virtual, la representación se maneja en los múltiples planos, manejando principalmente el tridimensional, pero inclusive puede ser en cuatro dimensiones si se considera que es posible generar animaciones donde el tiempo se vuelve un factor más de la simulación, o sensaciones en tiempo real.

Actualmente, son poco comunes las aplicaciones de realidad aumentada y mixta referentes a temas de arquitectura, y de las cuales se puede observar una gran utilidad y funciones con impresionante integración a la realidad.

El negocio de los juegos electrónicos, que mueve 15.000 millones de dólares en todo el mundo, es un ejemplo. Ha crecido más que la industria cinematográfica, y sigue creciendo. Los fabricantes de juegos están dándole un impulso tan fuerte a la tecnología de la presentación que la «realidad virtual» se convertirá en una «realidad» de muy bajo coste, mientras que la NASA sólo fue capaz de usarla con relativo éxito a un coste de más de 200.000 dólares. El 15 de noviembre de 1994, Nintendo anunció la comercialización de un juego de realidad virtual llamado «Virtual Boy» (El niño virtual) por 199 dólares.<sup>84</sup>

El Archviz no es una tecnología nueva y ha existido durante décadas solo en diferentes formas. Antes de que el modelado 3D por computadora se hiciera público, la mayoría de las visualizaciones arquitectónicas se creaban a mano. Sorprendentemente, todavía estamos presenciando que hay

<sup>84</sup> Negroponte, N. (1995). *Being Digital*. (M. Abdala, Trad.) España: Ediciones B, S.A. (pp. 54).

muchos ilustradores de arquitectura que confían en el trabajo manual y algunos prefieren una combinación de ambos.<sup>85</sup>

Asimismo, el consumo de dispositivos de RV está creciendo. De acuerdo a IDATE DigiWorld, el número de usuarios de cascos aumentará de 10.9 millones en 2017 a 61.6 millones en 2020.

Imagine un escenario en el que pueda modelar un diseño preliminar para un espacio y luego saltar y caminar en primera persona al instante. Usted establece la hora del día y ve cómo la luz brilla en la habitación. Ejecuta un algoritmo que representa cómo se moverá el aire a través del espacio con una nube de burbujas. Al presionar un botón, se invoca una tormenta de lluvia y se ve cómo la forma del techo maneja la escorrentía. Si nota que algo está mal en cualquier momento, puede saltar del modo en primera persona y editar la geometría y el material del espacio. Después de muchos ciclos iterativos como este, le da al modelo un poco más de pulido para una revisión con un crítico o un cliente. Ambos pueden saltar y explorar el mismo espacio simultáneamente. Incluso puede realizar cambios en tiempo real en función de los comentarios que sean dados.<sup>86</sup>

Convertir un modelo de construcción en un motor de juego puede ser un proceso largo y arduo que requiere la remodelación de versiones de espacios bajos en polígonos y mapas de luces de hornado; Cuanto mayor sea la calidad gráfica, más complejo será el proceso. Esta barrera desafortunadamente significa que incluso en los casos en que se puede usar esta tecnología, generalmente se empuja hasta el final del ciclo de diseño y solo se usa en presentaciones al cliente.

Si podemos simplificar esta tecnología para que se integre fácilmente en el proceso de diseño, podría tener un impacto profundo. Acortaría el ciclo de retroalimentación entre el diseño y la prueba de lo que ha hecho. Esto podría ayudar a los arquitectos a lanzar rápidamente ideas que no funcionan y generar nuevas soluciones.

---

<sup>85</sup> Naj, M. (09 de agosto de 2017). *Archviz From Genesis To The Perfection*. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de Double Impact Studio.

<sup>86</sup> Spross, M. C. (2011). *Comparing Perception Of Real And Virtual Architectural Space Using Video Game Technology*. Texas, U.S.: Undergraduate Research Texas A&M University. (pp. 30).

5

# CONCLUSIONES

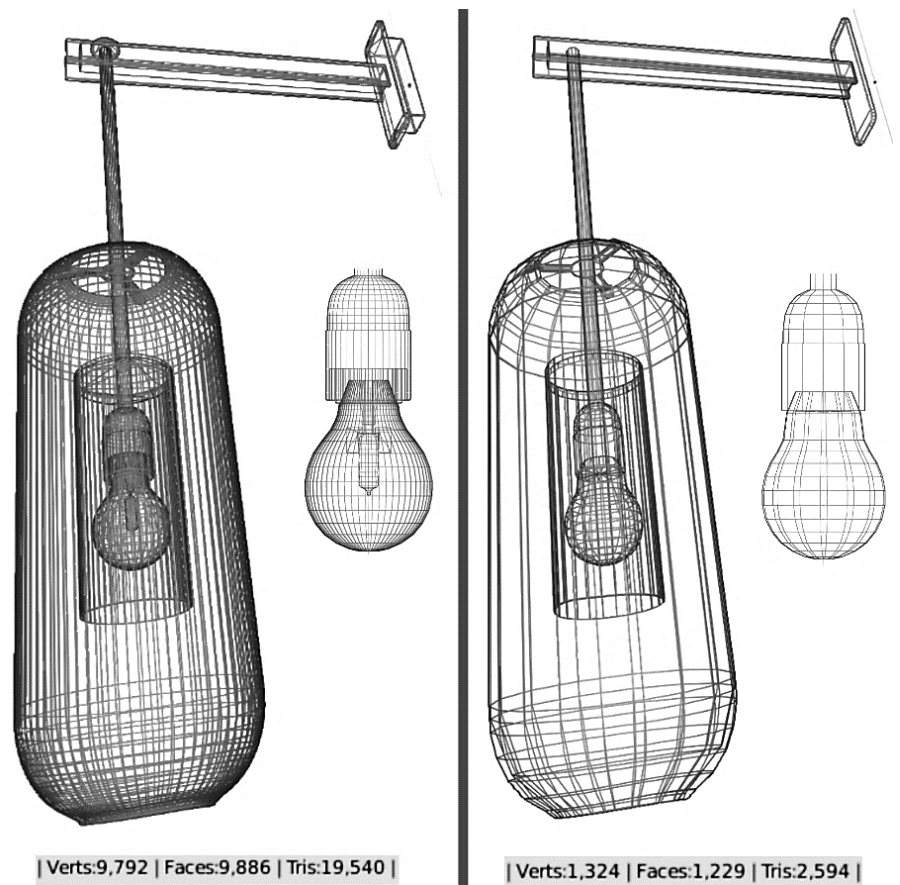


A través de todo este proceso, he logrado ver la complejidad que tiene todo este tipo de procesos de elaboración de proyectos tridimensionales, uno de los problemas importantes es el uso de modelos de muebles, los cuales no están hechos para proyectos arquitectónicos, esto se debe a que el manejo de las caras de un objeto (como se menciona anteriormente respecto al número de polígonos) es extremadamente elevado y contiene elementos que alargaran el tiempo de renderizado y finalmente serán completamente imperceptibles, por ejemplo, una lampara que en su estado original contiene 9,886 caras y en la cual es visible todo el detalle del interior del foco, como el filamento con sus soportes: después de una reducción manual se logró disminuir su complejidad 8 veces el detalle sin haber perdidas visibles, siendo así que se redujo a 1,229 caras y con un foco simple sin contenido en su interior (**ver render 13**). Este trabajo provoca una enorme pérdida de tiempo ya sea que se haga o se evite, es decir: si no se simplifican los modelos, la computadora realizara una mayor cantidad de cálculos para lograr procesar el modelo y tardara el doble de tiempo en entregar el resultado inclusive aún más tiempo en el proceso de prueba y error.

En el otro caso, se pierden horas en limpiar cada mueble y modelo, sin embargo, al recolectar toda la información y renderizar el proyecto se generará una menor cantidad de errores y se acelerará el proceso del resultado.

Otro problema está relacionado con el llamado “UV Mapping” también conocido como “Unwrap” o desenvolver (**Ver Diagrama 10**). Este proceso es realmente importante y puede causar grandes

problemas si no es considerado, este tema está relacionado con el cocinado de luz y la asignación de texturas. Entre los proyectos elaborados como experimentos se presentaron ocasionalmente



**Render 13.** Modelo de lampara. Izquierda: Modelo original. Derecha: Modelo con reducción manual de caras. Obsérvese la cantidad de líneas entre el modelo de la izquierda y el de la derecha.

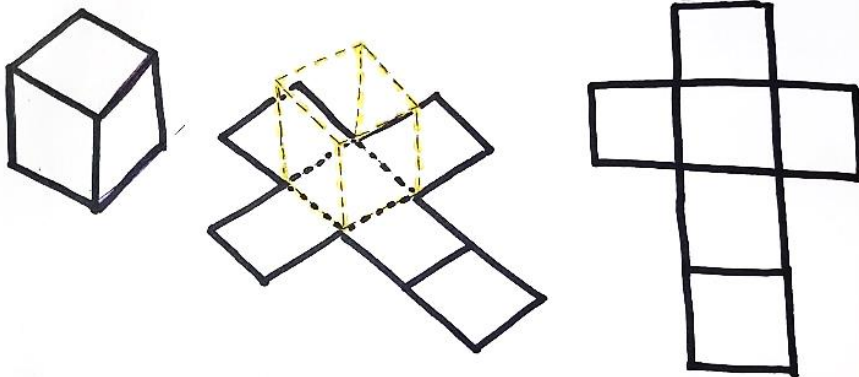


este tipo de errores, y los cuales causaban problemas evidentes respecto a iluminación y generaban manchas extrañas que restan calidad al proyecto (**Ver render 14**)

Y con esto, también se debe mencionar la mayor dificultad se presentó al momento de realizar la iluminación (lo cual es un punto clave para lograr el realismo). Estos proyectos usaron el sistema de cocinado de luz para evitar que el dispositivo móvil tuviera que realizar cálculos sobre posicionamiento

de iluminación, reflejo y rebote. En un principio es un tema que sencillo, pero dependiendo del programa que se utilice para hacer este tipo de procesamiento, se puede volver en un verdadero problema en el cual las luces generan manchas de colores o errores de superposición entre muchísimos errores más.

Una de mis conclusiones es que, inclusive para un render, en ocasiones se necesita una verdadera preparación que conlleva a una enorme cantidad de conceptos complejos, lo cual me parece que como recurso académico necesita que se le dé más importancia en especial en situaciones en que se le solicita a un estudiante que no ha sido preparado para realizar este tipo de trabajo.



**Diagrama 10.** Un cubo 3D que se desenvuelve en una representación 2D para generar un mapa UV. (Elaboración propia)



**Render 14.** *Izquierda:* Ventana con errores de mapas UV, líneas claras por error de asignación de textura, color de contorno debido a error en el cocinado de luz. *Derecha:* Se corrigió el mapa UV, se corrigieron todos los errores. (Elaboración propia)

Por otro lado, para lograr proyectos realmente fotorrealistas en algunos casos o con gran interactividad en otros, se requiere del manejo de múltiples programas que funcionan de maneras muy diferentes, implicando una gran cantidad de horas de aprendizaje y comprensión de temas, o por su contra, requiriendo de la ayuda de

expertos en cada uno de los temas requeridos; a pesar de esto, actualmente existen algunos desarrolladores de software que están intentando integrar todo este proceso en una sola aplicación para un uso más intuitivo y sencillo.

Los ejemplos han sido capaces de demostrar el nivel de detalle que se puede alcanzar con una buena cantidad de tiempo y pocos softwares. Solo sería evidente la reducción de tiempo si el que ha elaborado el modelo tiene suficiente experiencia y conocimiento de los programas y conceptos, además, se debe tener a consideración que será posible siempre y cuando el que está diseñándolo sepa claramente lo que desea obtener como resultado.

Dentro proceso iterativo (presentación-corrección) de diseño del proyecto, este tipo de representaciones pueden potenciar o beneficiar al desarrollo de este, ofreciendo la posibilidad de visualizar cada espacio simultáneamente a sus transformaciones. Y, es importante mencionar que la computadora permite integrar mallas generadas a partir de algoritmos los cuales pueden ser de gran utilidad en estructuras arquitectónicas, cálculos de graficas solares y aplicación de sistemas que beneficien a la sustentabilidad.

Respecto al medio educativo, ofrece a los profesores la posibilidad de exponer temas y proyectos de manera más grafica para facilitar a los alumnos la comprensión de datos complejos; en contra parte, los alumnos tienen la oportunidad de mostrar sus propuestas y modificarlas sin tener que empezar desde cero nuevamente.

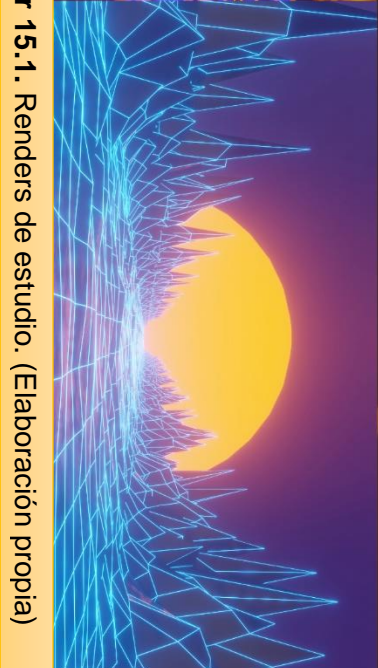
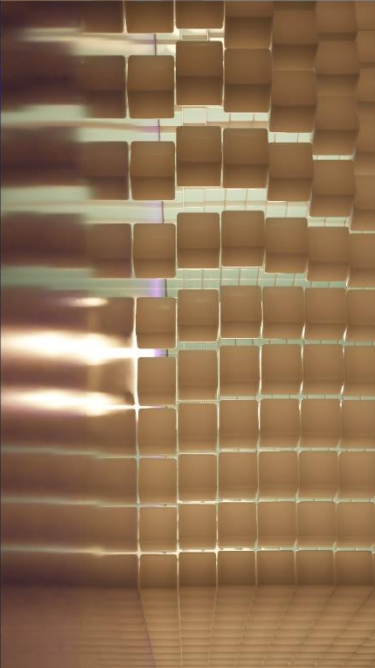
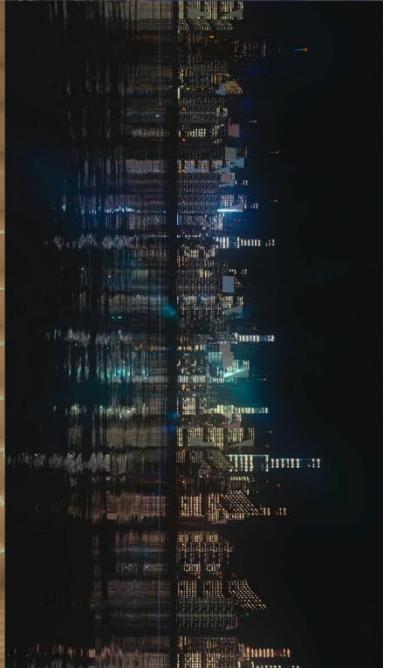
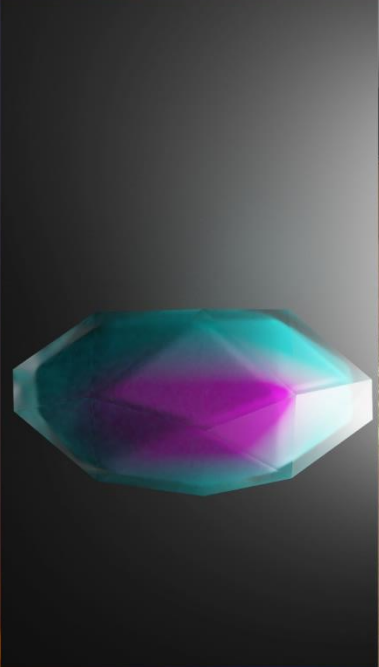
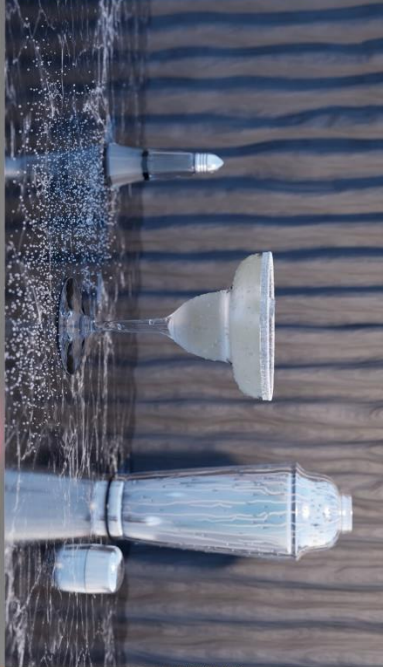
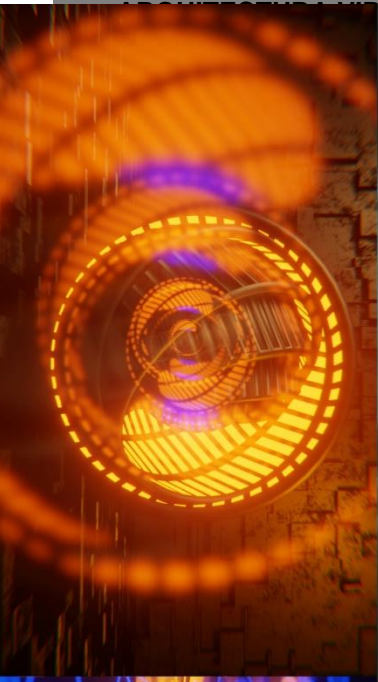
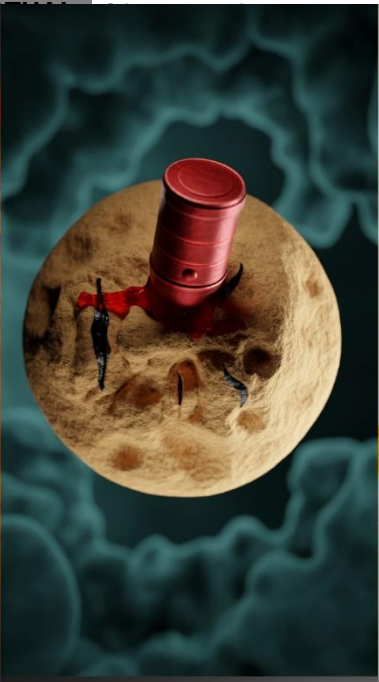
Así mismo también aparecen dificultades o contras; una de las principales es respecto al software debido a que en algunas ocasiones se requerirá del pago de licencias, las cuales pueden llegar a ser muy costosas dependiendo del proyecto y del tiempo que se ocupe o la cantidad de usuarios que estén involucrados durante el desarrollo.

A pesar de que muchas de estos programas suelen funcionar en dispositivos convencionales, algunas de las características o herramientas podrían verse limitadas por las capacidades insuficientes del hardware del sistema, afectando el desempeño en la realización de grandes proyectos, siendo necesario adquirir una computadora adecuada. Un ejemplo de esto sería comparar la eficiencia con que se realiza el mismo trabajo entre un equipo de ofimática y un Workstation, tomando en cuenta que el costo de un Workstation puede superar cientos de veces a uno de ofimática.

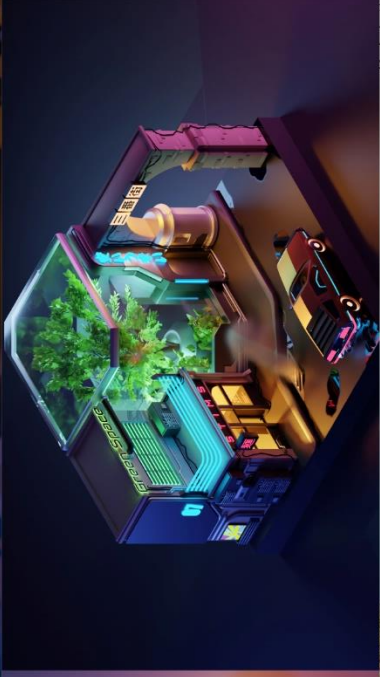
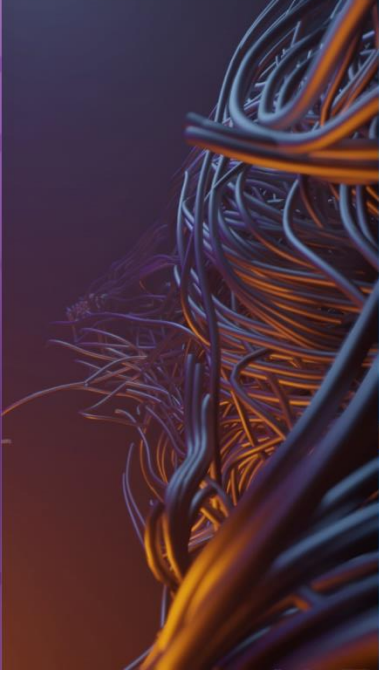
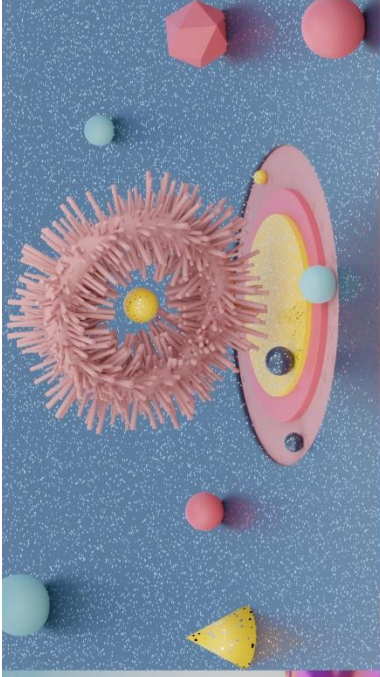
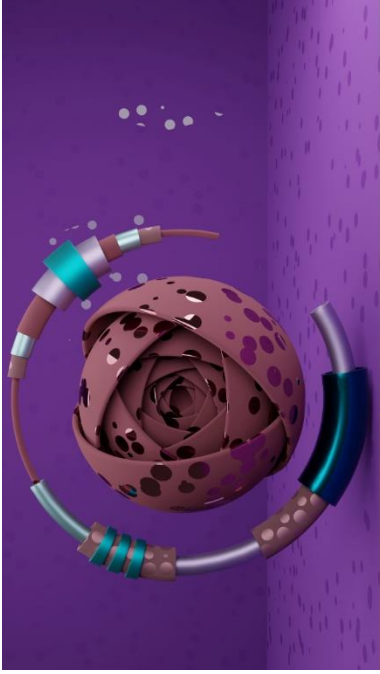
También es un problema de gran consideración que las modificaciones del proyecto solo pueden ser realizadas a través de una computadora, pues es el único sistema que tiene los programas y el soporte necesario para efectuarlo, y en algunos casos provoca que no se pueda manipular el proyecto por diversos usuarios de manera simultánea.

Cabe destacar que, dentro del proceso de experimentación, me he dado cuenta del impacto que tiene la realidad virtual sobre el espectador, este tipo de demostraciones graficas logra una sensación emocionante y difícil de olvidar que da una idea más profunda de percepción del espacio, no solo como espectador sino también como desarrollador.

Como última muestra de esta tesis, presento algunos de los modelos elaborados como parte del proceso de aprendizaje desarrollado respecto al modelado 3D los cuales requirieron del estudio de un sinnúmero de temas con el propósito de comprender las exigencias de tiempo requeridas para cada uno y su nivel de complejidad.



Render 15.1. Renders de estudio. (Elaboración propia)



Render 15.1. Renders de estudio. (Elaboración propia)

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA:

- Artero, M. B., & Codina, J. V. (2010). *Las tres dimensiones de la Arquitectura*. Obtenido de El Globus Vermeil:  
<http://fundacion.arquia.es/es/concursos/proxima/ProximaRealizacion/FichaDetalle?idrealizacion=2586&idparticipacion=3941>
- Barbosa, H. (2015). 3D Simulation Environment: Education and Training. *Proceedings of the 10th Doctoral Symposium in Informatics Engineering - DSIE'15* (págs. 132-140). Portugal: Faculty of Engineering, University of Porto.
- Barbosa, H. (2015). 3D Simulation Environment: Education and Training. *Proceedings of the 10th Doctoral Symposium in Informatics Engineering - DSIE'15* (págs. 132-140). Portugal: Faculty of Engineering, University of Porto.
- Bednarik, R. (Abril de 1998). Los primeros testimonios del espíritu creador. *El Correo de la UNESCO*, 4-10. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001113/111392so.pdf>
- Bihartech*. (2016). Recuperado el 20 de febrero de 2019, de Integrating Tecnology:  
<http://www.bihartech.com/>
- Bockholt, N. (2015). *Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, y ¿qué significa "inmersión" realmente?* Obtenido de Think With Google : <https://docplayer.es/53786102-Realidad-virtual-realidad-aumentada-realidad-mixta-y-que-significa-inmersion-realmente.html>
- Borràs, X. (20 de 09 de 2010). *Evolución histórica de las herramientas manuales*. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de Interempresas:  
<http://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/43391-Evolucion-historica-de-las-herramientas-manuales.html>
- Brito, A. (2010). *Blender 3D: Architecture, Buildings, and Scenery*. UK.: Packt Publishing Ltd.
- Bürger, N. (2013). *Realtime Interactive Architectural Visualization using Unreal Engine 3.5*. Alemania, Múnich: LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN.
- Cartagena, R. R. (2017). *De la reactividad a la interactividad en una obra musical-visual de soporte digital*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Artes.
- Castillo, J. O. (diciembre de 2017). La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing. *Revista de Dirección y Administración de Empresas. Facultad de Economía y Empresa*. (Número 24), pp. 155-229. Recuperado el 14 de abril de 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjlLy4ltDhAhVLMqwKHRnuDtlQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.eh.u.eus%2Fojs%2Findex.php%2Frdae%2Farticle%2Fdownload%2F19141%2F17114&usg=A0vVaw3qT3mmgIKRdDyx3YPSvYfP>
- Ceballos, D. J., & Wiedmann, P. J. (2011). *Potenciar la Percepción en Espacios Arquitectónicos por Medio de la Realidad Virtual*. Colombia: Universidad ICESI, Facultad de Ingeniería.
- Cerkez, B. T. (1999). Una lección de la Historia: El nacimiento del dibujo arquitectónico. En *Arte, Individuo y Sociedad* (págs. 69 - 82). Eslovenia: Ministerio de Educación de Eslovenia.

- Ching, F. D. (2002). *ARQUITECTURA. Forma, Espacio, & Orden*. España: Ediciones G. Gilí.
- Ching, F. D. (2012). *Dibujo y proyecto*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Consagra, E., Hernández, D., Nieves, J., & Piña, L. (01 de febrero de 2016). *Realidad Virtual y Realidad Aumentada*. (U. A. Humboldt, Ed.) Recuperado el 14 de abril de 2019, de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCp9r-ltDhAhVFSq0KHWxEDTMQFjAFegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fespejodeantagno.files.wordpress.com%2F2016%2F04%2Frealidad-virtual-y-realidad-aumentada.pdf&usg=AOvVaw3I\\_PPX](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCp9r-ltDhAhVFSq0KHWxEDTMQFjAFegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fespejodeantagno.files.wordpress.com%2F2016%2F04%2Frealidad-virtual-y-realidad-aumentada.pdf&usg=AOvVaw3I_PPX)
- Cruz, F. G. (2011). *Arquitectura Digital: Aproximación al Proceso de Discretización del Diseño Arquitectónico*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Cruz, J. A. (octubre de 2014). *Apertura. Revista de innovación educativa*. Recuperado el 30 de septiembre de 2018, de La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería: <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/547/369>
- Diccionario de la Real Academia Española*. (2018). Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de RAE: <http://www.rae.es/diccionario-panhispanico-de-dudas/>
- Ecured*. (20 de 03 de 2019). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Sentencias\\_de\\_iteración\\_\(programación\)](https://www.ecured.cu/Sentencias_de_iteración_(programación))
- Estebanell, M. M. (2000). Interactividad e interacción. *Revista Interuniversitaria de Tecnología Educativa*, 92-97.
- FA, F. d. (30 de noviembre de 2016). *PROYECTO DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA DE ARQUITECTURA: Tomo I*. Obtenido de [https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/tomo\\_i\\_\\_plan\\_de\\_estudios\\_2017\\_facultad\\_de\\_arquitectura.pdf](https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/tomo_i__plan_de_estudios_2017_facultad_de_arquitectura.pdf)
- García, J. V. (1963). *Estructura Teórica del Programa Arquitectónico*. México: Memoria del Colegio Nacional.
- García, J. V. (1992). *Integración del Valor Arquitectónico*. México: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA· AZCAPOTZALCO .
- Haylie, M., & Nicoleta, B. (2016). *US National Library of Medicine . National Institutes of Health*. Recuperado el 20 de febrero de 2019, de Level of Immersion in Virtual Environments Impacts the Ability to Assess and Teach Social Skills in Autism Spectrum Disorder: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4827274/>
- Hermida, A. G. (2016). Seminario Internacional. *Arquitectura y Oficios Tradicionales de Construcción* (pág. 176). Madrid: Mairera Libros.
- historiaunida*. (2011). Obtenido de <https://historiaunida.files.wordpress.com/2011/08/cronologia-historia-del-mundo.pdf>
- Höhl, W. (Marzo de 2013). *Realtime Interactive Architectural Visualization using Unreal Engine 3.5*. Munich, Alemania: LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

- INEGI. (2014). *Estadísticas sobre disponibilidad y uso de tecnología de información y comunicaciones en los hogares, 2013*. Obtenido de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/metodologias/MODUTIH/MODUTIH2013/MODUTIH2013.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/metodologias/MODUTIH/MODUTIH2013/MODUTIH2013.pdf)
- Ingalls, R., & White, K. (2009). Introduction to simulation. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference* (págs. 13-23). U.S.: Research Gate.
- Le Corbusier. (2001). *Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura*. Argentina: Ediciones Infinito.
- Lévy, P. (1995). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.
- Manes, F. (28 de Diciembre de 2015). *NEUROCIENCIA: ¿Cómo afectan las nuevas tecnologías a nuestro cerebro?* Recuperado el 16 de abril de 2019, de El País: [https://elpais.com/elpais/2015/12/21/ciencia/1450693458\\_718084.html](https://elpais.com/elpais/2015/12/21/ciencia/1450693458_718084.html)
- McLuhan, M. (1993). En M. M. Powers, *La aldea global: transformaciones en la vida y los medios de comunicación mundiales en el siglo XXI* (2º Ed. ed., pág. 94). Barcelona, España: Gedisa.
- Mecánica, Á. D. (2006). *Universidad de Oviedo*. Obtenido de Escuela Politécnica Superior De Ingenieros De Gijón: <https://www.unioviedo.es/DCIF/IMecanica/GestionCortizo/Methodologia/conceptos%20de%20mecanica/Glosario%20de%20terminos/Grados%20de%20libertad%20y%20ecuacion%20de%20G.htm>
- Miñarro, P. M. (2015-2016). *Desarrollo de una Aplicación de Realidad Virtual*. España: Universitat Politècnica de València.
- Miró, E. P., Carbonero, P. P., & Coderch, R. P. (2010). *Maquetismo Arquitectónico*. España: Parramón.
- Naj, M. (09 de agosto de 2017). *Archviz From Genesis To The Perfection*. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de Double Impact Studio: <https://www.doubleimpactstudio.com/archviz-genesis-perfection/>
- Navarrete, G. R. (25 de Abril de 2010). *Introducción a la Computación Gráfica*. Obtenido de ¿Qué es Computación Gráfica?: <http://introduccioncomputaciongrafica.blogspot.com>
- Negroponte, N. (1995). *Being Digital*. (M. Abdala, Trad.) España: Ediciones B, S.A.
- Ortega, L. (2013). *Digitalization takes Command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.
- Osman, Y. (2001). The Use of Tools in the Creation of Form: Frank (L. Wright & O. Gehry). *ACADIA*, 44 - 51.
- Pallares, G. A. (20 de Febrero de 2014). *Linea del tiempo del computador*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/sadtrues/linea-del-tiempo-del-computador-31464613>
- Pantoja, I. D., & Magdaleno, I. A. (2007). *HISTORIA DE LA INFORMÁTICA EN MEXICO: 1959-2003*. MÉXICO, D.F.: Fundación Arturo Rosenblueth.



- Penzentcev, A. (2015). *Architecture and implementation of the system for serious games in Unity 3D*. República Checa: Masarykova Univerzita.
- Pollionis, M. V. (1997). *De Architectura*. (J. L. Domingo, Trad.) España: Alianza Editorial.
- Sartori, G. (1998). *Homo Videns. La sociedad teledirigida*. Buenos Aires: Taurus.
- Segovia, R., & Pérez, L. (mayo-agosto de 2009). El taller de diseño arquitectónico virtua. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 100-117. Recuperado el 22 de 05 de 2019
- Sola, J. R., Sora, A. F., Tierz, A. S., & Díaz, D. H. (2011). *Una revisión histórica: Desde el dibujo en ingeniería hacia la ingeniería del diseño*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Spross, M. C. (2011). *Comparing Perception Of Real And Virtual Architectural Space Using Video Game Technology*. Texas, U.S.: Undergraduate Research Texas A&M University.
- Svanæs, D. (2000). *Understanding Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Interaction*. Trondheim, Noruega: NTNU.
- Tall, T. (2017). *DigitalMediaGroup*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de Realidad Aumentada vs. Realidad Virtual vs. Realidad Mixta: Una Guía Introductoria: <http://digitalmedia.com.ec/web/2017/12/14/realidad-aumentada-vs-realidad-virtual-vs-realidad-mixta-una-guia-introductoria/>
- Tripathi, K. (Febrero de 2011). A Study of Interactivity in Human Computer Interaction. *International Journal of Computer Applications* , pp 3.
- Unity 3D. (2018). Recuperado el 17 de enero de 2019, de <https://unity3d.com/es/unity>
- Universia. (07 de Marzo de 2016). *Universia España*. (U. España, Editor) Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de La Carrera Especial: Arquitectura 3D: <http://noticias.universia.es/educacion/noticia/2016/03/07/1137043/carrera-especial-arquitectura-3d.html>
- Urrea, J. M. (15 de 09 de 2010). *Diccionario de Palabras Técnicas, Científicas y Humanísticas*. México: UNAM. Obtenido de deChile: <http://etimologias.dechile.net>
- Vidiella, Á. S. (2010). *Altas de Eco Arquitectura*. España: FKG LOFT Publications.
- Virtual Reality Society*. (2017). Obtenido de History Of Virtual Reality: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- Wiener, N. (1958). *Cibernética y Sociedad*. (J. N. Cerro, Trad.) Argentina: Editorial Sudamericana.
- WordReference*. (20 de 03 de 2019). Obtenido de <http://www.wordreference.com/definicion/módulo>
- Zambrano, M. (28 de Marzo de 2017). *Línea del tiempo: La historia de la tecnología en la arquitectura* . Obtenido de Slideshare: <https://www.slideshare.net/marielzambranojg13/linea-de-tiempo-73816202>