

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Contraste entre entorno 3D y maquetación tradicional como herramienta de representación arquitectónica.

El entorno 3D como alternativa a la maquetación en la arquitectura

Autor: Sergio Sebastián García Paredes

Tutor: Daniel Martín Fuentes

Escuela: Escuela Técnica Superior de Arquitectura I Universidad Politécnica de Valencia

Titulación: Master Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje y Diseño, en la especialidad de Diseño

Curso: 2019 – 2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MASTER
Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi familia, que durante el transcurso de este trabajo me ha apoyado y me ha brindado ayuda incondicional para poder completar esta etapa de mis estudios académicos. Gracias a mi padre y madre por impulsarme siempre a ser mejor y completar los ciclos que he comenzado, y gracias a mi hermanito por siempre estar presente con una sonrisa para animarme.

Quiero agradecer también a mi tutor Daniel Martín Fuentes por guiar mi trabajo y tener gran cantidad paciencia con mis avances a lo largo de este tiempo. Y quiero agradecer a mis amigos y conocidos que me han echado una mano para lograr mis objetivos.

Resumen

El avance tecnológico dentro de nuestra sociedad se desarrolla a gran velocidad produciendo herramientas que proporcionan ayuda eficiente en las diversas profesiones del ser humano, entre ellas se encuentra la arquitectura que con el avance tecnológico ha recibido ayuda en el campo del cálculo, la planificación, la construcción, el dibujo y la representación arquitectónica, entre otros. Es de suma importancia identificar los potenciales y oportunidades que otorgan las nuevas tecnologías, en este caso dentro del campo tanto estudiantil como profesional de la arquitectura. Las nuevas técnicas de visualización arquitectónica llegan a cumplir un rol importante al momento de comprender el volumen y la espacialidad de los proyectos antes de su ejecución. El contenido de este trabajo consiste en la investigación de estas nuevas tecnologías de visualización arquitectónica, concretamente la creación de entornos 3D por medio de software especializado que tiene como finalidad representar fidedignamente la previsualización del edificio a construir, y contrastarlo con la tradicional técnica de maquetación que lleva años en la arquitectura ofreciéndose como la herramienta definitiva para presentar un proyecto.

Palabras clave:

Arquitectura; Realidad virtual; Maquetas; representación arquitectónica; Entorno 3D;

Abstract

Technological advancement in our society develops at a high speed, producing tools that provide efficient help in various professions of the human being, among all of them is architecture that with technological advancement has received help in the field of calculation, planning, construction, drawing and architectural representation, among others. It is of utmost importance to identify the potentials and opportunities offered by new technologies in this case within the field of both student and professional architecture, new architectural visualization techniques come to play an important role in understanding the volume and spatiality of the projects before their execution. The content of this work consists of the investigation of these new technologies for architectural visualization, specifically the creation of 3D environments with specialized software that aims to represent accurately a preview of the building to be constructed and contrast it with the traditional scale model technique that has been for years offering itself as the definitive tool to present a project.

keywords:

Architecture; virtual reality; Scale models; architectural representation; 3D environment;

Contenido

Contenido	0
Introducción	2
Presentación.....	2
Motivaciones / Contexto.....	2
Objetivos	3
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:.....	3
Hipótesis	3
Metodología	4
Metodologías	4
Bibliografía	4
1. CAPÍTULO I / MARCO HISTÓRICO	5
1.1. Maqueta	5
1.1.1. Definición del término (maqueta).....	5
1.1.2. Marco histórico de la maqueta	5
1.1.3. Importancia en influencia de la maqueta	17
1.2. Entorno 3D	18
1.2.1. Definición del término (Entorno 3D).....	18
1.2.2. Marco histórico del entorno 3D	18
1.2.3. Software para arquitectura y diseño 3D	30
1.2.4. Importancia e influencia del entorno 3D	34
2. CAPÍTULO II / MARCO REFERENCIAL	36
2.1. Referente de maquetación – 1.....	36
2.1.1. Las maquetas de la Notre Dame du Haut en Rochamp – Le Corbusier	36
2.1.2. Técnicas/software/procesos	40
2.1.3. Finalidad/ uso en el mercado o educación	40
2.2. Referente de maquetación – 2.....	41
2.2.1. La maqueta de Cádiz de 1775	41
2.2.2. Técnicas /software/procesos	46
2.2.3. Finalidad / uso en el mercado o educación.....	46
2.3. Referente de entorno 3D – 1	46
2.3.1. La torre Swiss Re (30 St. Mary Street)	46
2.3.2. Técnicas / software/procesos	53
2.3.3. Finalidad / uso en el mercado o educación.....	53

2.4.	Referente de entorno 3D – 2	53
2.4.1.	Entorno virtual de la Catedral de Palermo.....	53
2.4.2.	Técnicas / software/procesos	58
2.4.3.	Finalidad / uso en el mercado o educación.....	58
3.	CAPÍTULO III / FORMULACIÓN DE LA ENCUESTA Y EL ESTUDIO DE CAMPO	60
3.1.	Creación de maqueta y el modelo 3D para las encuestas	60
3.1.1.	Creación de la Maqueta	61
3.1.2.	Creación del Entorno 3D	69
3.2.	Formulación de la encuesta	78
3.2.1.	Método Kansei para evaluación de productos	78
3.2.2.	Objetivos de la encuesta.	78
3.2.3.	Formulación de las preguntas.	79
3.2.4.	Público objetivo / lugar donde se realizará la recolección de datos.....	80
3.3.	Encuestas / estudio de campo	80
3.4.	Resultados de la encuesta.....	83
4.	CONCLUSIONES	94
	Bibliografía.....	99
	Anexos	101

Introducción

Presentación

El avance tecnológico dentro de nuestra sociedad se desarrolla a gran velocidad produciendo herramientas que proporcionan ayuda eficiente en las diversas profesiones del ser humano, entre ellas se encuentra la arquitectura que con el avance tecnológico ha recibido ayuda en el campo del cálculo, la planificación, la construcción, el dibujo y la representación arquitectónica, entre otros.

Es de suma importancia identificar los potenciales y oportunidades que otorgan las nuevas tecnologías, en este caso dentro del campo tanto estudiantil y profesional de la arquitectura. Las nuevas técnicas de visualización arquitectónica llegan a cumplir un rol importante al momento de comprender el volumen y la espacialidad de los proyectos antes de su ejecución.

El contenido de este trabajo consiste en la investigación de estas nuevas tecnologías de visualización arquitectónica, concretamente la creación de entornos 3D por medio de software especializado que tiene como finalidad representar fidedignamente una previsualización del edificio a construir y contrastarlo con la tradicional técnica de maquetación que lleva años en la arquitectura ofreciéndose como la herramienta definitiva para presentar un proyecto.

Motivaciones / Contexto

Interés personal por la tecnología el arte digital, el modelado 3D, maquetación en 3D y la popularización del software BIM para arquitectura, que facilitan tanto la planificación total de una edificación como la visualización y marketing de la misma.

El deseo de visibilizar el entorno 3D en determinadas circunstancias como una alternativa viable de representación arquitectónica por encima de la maquetación con el fin de reducir costos y gastos de materiales tanto a profesionales como estudiantes que se han formado en un ambiente más bien hostil hacia las posibilidades que generan las nuevas tecnologías.

Por esta razón, sin desprestigiar el gran aporte sensorial y de entendimiento espacial que ofrece la maquetación tradicional, y entendiendo que las tecnologías digitales de visualización arquitectónica son relativamente nuevas y limitadas en el ámbito nacional (Quito, Ecuador), quiero comparar las posibilidades que ofrecen estas diferentes técnicas de visualización arquitectónica.

Objetivos

Objetivo General:

Establecer las ventajas y desventajas de las tecnologías digitales 3D de visualización de proyectos arquitectónicos, en relación comparativa a la maquetación.

Objetivos Específicos:

- Exponer los antecedentes históricos que fundamentaron el desarrollo técnico y tecnológico de los medios de representación en la arquitectura (dibujo a mano y digital, maquetación y entornos 3D digitales).
- Exponer los recursos digitales existentes en la actualidad para la representación digital 3D de proyectos arquitectónicos.
- Evaluar qué características hacen a un entorno virtual una representación fiel a la realidad, así como evaluar qué características hacen de una maqueta un modelo adecuado para la representación arquitectónica.
- Establecer las cualidades y ventajas de la representación digital 3D frente a la maquetación.
- Especificar en qué circunstancias de trabajo y para qué objetivos es aconsejable utilizar una u otra técnica de visualización arquitectónica, o propiciar su complementariedad.

Hipótesis

“Las tecnologías digitales 3D de visualización de proyectos arquitectónicos aventajan en muchos aspectos a la maquetación, sin embargo la maquetación continúa siendo un recurso demandado en el contexto profesional y educativo.”

Metodología

La metodología a utilizar para la elaboración de este trabajo se compone de cuatro partes. En primer lugar, la investigación bibliográfica que servirá como base teórica compuesta de libros, artículos y trabajos académicos que concuerden con la temática a investigar las cuales son historia y referentes tanto de la maquetación arquitectónica como de las tecnologías 3D para arquitectura. Posterior a esto se elaborará el material necesario para realizar encuestas que consiste en una maqueta detallada y un entorno 3D transitable. Una vez concluida esta parte se procederá a diseñar y realizar las encuestas necesarias para obtener la información valiosa acerca de las características de la maqueta y el entorno 3D que se elaboraron anteriormente. Por último, se analizarán los datos obtenidos de las encuestas mediante tablas y se realizarán conclusiones.

Metodologías

Investigación Bibliográfica:

- Marco histórico
- Marco referencial

Elaboración de producto necesario para la encuesta:

- Maqueta a detalle de una edificación
- Entorno 3D de la misma edificación

Recolección y análisis de datos mediante encuestas:

- Formulación de encuestas / estudio de campo
- Aplicación de encuestas / estudio de campo

Análisis y manejo de datos

- Análisis de datos de la encuesta

Bibliografía

Los diferentes tipos de bibliografía que serán requeridos para investigar todos los temas que se encuentran presentes en este trabajo:

- Bibliografía histórica para investigación de contexto y marco histórico.
- Bibliografía para investigación de referentes y casos prácticos.
- Bibliografía de metodologías para la sección de encuestas.

1. CAPÍTULO I / MARCO HISTÓRICO

A lo largo de esta sección se pretende concretar el contexto histórico, conceptos, usos e importancia sobre los cuales se asientan los temas a desarrollar durante este trabajo de fin de máster, tanto de la maquetan como de los entornos 3D, de esta forma ubicando al lector y al investigador sobre el mismo punto de partida.

Se definirán los términos y conceptos específicos que posteriormente serán utilizados para describir los temas a tratar durante el trabajo, y se buscará, mediante información bibliográfica de otros autores, datos sobre el origen y desarrollo de tanto la maquetación como los entornos 3D a lo largo de tiempo con el fin de adquirir una noción adecuada del avance, importancia e influencia que han representado estas técnicas a lo largo de la historia de la visualización arquitectónica.

También se realizará una pequeña investigación de las técnicas softwares y procesos más importantes que se usan hoy en día tanto en la realización y presentación de maquetas como en la de los entornos 3D, así como las áreas en las que se utilizan y la finalidad que estas tiene en el ambiente profesional, con el fin de contextualizar que técnicas se usan hoy en día y en que ramas de la arquitectura podemos encontrarlas.

1.1. Maqueta

1.1.1. Definición del término (maqueta)

“Maqueta: Modelo a escala reducida de una construcción” (Real Academia Española, 2014)

“Modelo: Representación en pequeño de una cosa” (Real Academia Española, 2014)

“Las Maquetas arquitectónicas a escala son construcciones físicas temporales que asisten a la representación visual, conceptual y fenomenológica de los proyectos de diseño. En fases tempranas de la creación del proyecto puede ayudar a probar y refinar detalles, especialmente referentes a proporciones. Como herramienta narrativa, las maquetas también pueden ser vistas como elementos que no son necesariamente parte del proyecto, pero por otra parte son indispensables para su presentación a una mayor audiencia.” (Jankov, 2018)

1.1.2. Marco histórico de la maqueta

Hablar de la historia de la maqueta como herramienta e invención de la humanidad es una tarea difícil ya que no se ha hecho un seguimiento y documentación histórica tan detallada como la de otros campos artísticos, como puede ser la escultura o la literatura, y debido a su naturaleza de herramienta prototipo de ayuda visual, la maqueta ha quedado oscurecida bajo la propia sombra de la arquitectura a la cual sirve.

En la actualidad generalmente entendemos a la maqueta como un recurso visual de ayuda que tiene como fin representar el proyecto arquitectónico terminado con fines publicitarios, una representación fiel a la realidad o una previsualización

mayormente estética de un proyecto a construir. Pero cabe recalcar que la maqueta puede formar parte de las etapas tempranas de un proyecto arquitectónico ayudando a definir el concepto, la forma y la función de los espacios, convirtiéndola en una herramienta de naturaleza experimental.

No se puede negar que la maqueta ha cumplido un rol de gran importancia a lo largo de la historia de la arquitectura, destacando su naturaleza experimental al ayudar a los diferentes proyectistas a simular fachadas, sombras, luces, estructuras, detalles constructivos, entre otros, que sirvieron tanto en construcción como en promoción de una obra arquitectónica.

Antigüedad

Se discute que las maquetas han existido desde tiempos inmemoriales, cuando el hombre se anidó en el sedentarismo y empezó a construir su propio refugio y sus propias construcciones con fines de vivienda, trabajo o religión, así nació una necesidad de especializarse y de experimentar en el campo de la arquitectura y la construcción.

“Desde siempre hubo pronta necesidad de visualizar lo que posteriormente se iba a construir, inclusive por parte del técnico, sus maquetas le sirvieron para encontrar respuestas constructivas, para intentar soluciones formales. Como hoy, las maquetas permiten explorar las potencialidades de una idea, son una forma de pensar.” (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)

Cabe recalcar que de la época antigua no se conocen términos específicos que se refieran a la maqueta en concreto, por lo cual es difícil hallar información concreta en textos antiguos sobre la misma, parece ser que el dibujo planimétrico, las memorias técnicas, las maquetas y otras formas de representar la arquitectura e ingeniería se englobaban dentro de un mismo género. No obstante, esto no reduce la importancia de la maqueta como herramienta de diseño ya que al parecer podía llegar a ser una forma de representación arquitectónica más adecuada que la planimetría dependiendo de la época.

Evidencias de las maquetas más antiguas han podido ser atribuidas a la civilización minoica y egipcia, hace más de 1400 a. C, ambas muy caracterizadas por la complejidad de sus obras arquitectónicas. Se han podido encontrar en buenas condiciones maquetas detalladas de viviendas templos y monumentos, junto con planos antiguos y varios instrumentos que prueban la existencia de arquitectos, ingenieros y constructores especializados. (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)



Gráfico: Casa del alma, Imperio medio egipcio
 Fuente: Museo Metropolitano de Arte de Nueva York

Gracias a textos puntuales traducidos de la antigua Grecia se empieza a tener más información sobre el arquitecto en la antigüedad y por ende de los instrumentos que este usaba para desarrollar sus proyectos:

“gremios de constructores, promotores, canteros y arquitectos realizaban maquetas y memorias escritas. No realizaban planos, ya que los edificios, templos, sobre todo, respondían a tipologías conocidas, a tipos absolutamente canónicos, por tanto arquitectos y constructores conocían las características de estos tipos y podían visualizar fácilmente lo que debían levantar.” “Sólo realizaban maquetas técnicas que servían a los canteros para diseñar detalles ornamentales o para calcular presupuestos. Por otro lado, la maqueta servía para que los poderes públicos, como la Asamblea de Atenas, pudieran ver el edificio completo.” (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)

Existen pruebas de que la maqueta en el mundo antiguo pudo haber sido usada en mayor medida que la misma planimetría para diseñar y explicar detalles tanto de diseño como de ingeniería, incluso llegando a reemplazar al plano dibujado.



Gráfico: Maqueta del templo de Hera de argos
Fuente: Nacional Archeological Museum

Posteriormente durante la época romana, debido a la conquista continua de territorios, Roma adoptó varias nuevas tipologías arquitectónicas, de esta manera impulsando aún más la presencia y renombre del arquitecto del cual se presume que hasta entonces aún se dedicaba a desarrollar casi en su totalidad todas las diferentes ramificaciones de un proyecto. En esta época la maqueta era un instrumento esencial de diseño mediante el cual se podían probar y tomar decisiones antes y durante la construcción.

“la célebre maqueta del Aditón, conservada en el Museo de Beirut, del gran templo de Baalbeck (hoy en el Líbano) cubierta de inscripciones fruto de las discusiones entre el arquitecto, el constructor o el promotor (aunque posiblemente una misma persona asumiera estos tres papeles que hoy distinguimos cuidadosamente) y el cliente. Gracias a algunos textos de la época sabemos de la existencia de estas maquetas de arquitecto.” (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)



Gráfico: maqueta del Aditón
Fuente: Museo de Beirut

A medida que el tiempo pasaba y las civilizaciones se desarrollaban, los proyectos de arquitectura e ingeniería se tornaban más complicados y al llegar la Edad Media las construcciones religiosas como catedrales, iglesias y santuarios exigían una mayor atención al detalle tanto estético como estructural, esta labor recaía en hombros del arquitecto.

“En este período no existe la figura del arquitecto tal como la entendemos hoy, una misma figura asumía tareas que hoy incumben al promotor, al constructor, al arquitecto, al director de obra, al escultor.” (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)

La maqueta toma un rol aún más importante como instrumento indispensable de diseño, debido a la magnitud de las construcciones, la complejidad de los diseños y sus detalles tanto exteriores como interiores, la maqueta sirve como instrumento para expresar las ideas del arquitecto, realizar pruebas y tomar medidas antes de la construcción.



Gráfico: Hugues Libergier arquitecto de la Catedral de Reims
Fuente: Maquetas en el mundo antiguo: Entrevista a Pedro Azara. DC PAPERS, Revista de Crítica y Teoría de La Arquitectura

“En el caso de un arquitecto promotor, las maquetas tienen una doble función: la de mostrar el proyecto a la ciudad o a quienes encargan su construcción y, al mismo tiempo, hacer las veces de maqueta de trabajo en la que se verifican medidas y detalles antes de plasmarlos en la realidad.” (Azara, Cultura and Barcelona, 2006)

Es durante el periodo entre el siglo XII y XIII en el cual el arquitecto empieza a visibilizarse y su nombre comienza a plasmarse en su obra, arquitectos y constructores que destacaban eran contratados por autoridades religiosas para diseñar y supervisar la construcción de sus catedrales. Gremios de arquitectos y constructores se formaban tanto para realizar proyectos como para pasar su sabiduría a nuevos miembros, y justo al final de la edad media es cuando comienza a aparecer la figura del arquitecto teórico que ya no ejerce su profesión como productor.

Renacimiento

La maqueta ya había sido usada por las civilizaciones antiguas en incluso había llegado a un alto nivel de complejidad durante la Edad Media. Pero a lo largo del Renacimiento, periodo que engloba los años entre el siglo XV y XVI, es cuando los arquitectos del pasado demuestran una gran maestría en el uso de este instrumento de diseño. A partir de esta época se cuenta con más información sobre el rol de las maquetas en la arquitectura.

Nombres de arquitectos importantes se descubren, tales como Filippo Brunelleschi, León Batista Alberti o Lorenzo Ghiberti, maestros arquitectos que han dejado evidencia del uso indispensable de la maqueta en su obra y construcción.

Filippo Brunelleschi, famoso arquitecto de esta época y autor de la cúpula de la catedral de Santa María del Fiore en Florencia, trabajó con elaboradas maquetas que presentaba tanto las propuestas de sus proyectos a los mecenas como los detalles constructivos y de diseño de sus obras en construcción a los artesanos y al equipo de trabajo, según él la maqueta tenía que ser una representación fiel a una idea ya formada totalmente por el arquitecto.

“Brunelleschi se adjudicó el encargo para la construcción de una cúpula sin cimbras preparando una gran maqueta de ladrillo y madera «sin ninguna armadura». Durante la construcción utilizó ciertamente dibujos y construyó incluso modelos para algún detalle. Como explica Manetti, los detalles esculpidos por Brunelleschi para los operarios fueron hechos en arcilla, cera, madera e incluso cal y «grandi rape invernali». En 1436 Brunelleschi, Lorenzo Ghiberti (1378-1455) y muchos otros arquitectos presentaron algunas maquetas para la linterna de la cúpula. Fue elegido el proyecto de Brunelleschi, pero éste murió antes” (Millon, 2006)



Gráfico: Maqueta de la cúpula de Florencia
Fuente: Florence's Museum of the Opera del Duomo

En esta época se hicieron comunes las maquetas como requerimiento para presentar propuestas arquitectónicas a los mecenas, para la misma catedral de Santa María del Fiore fueron presentadas varias propuestas provenientes de varios arquitectos, tanto para la cúpula como para la linterna interior. Para obtener la aprobación de un proyecto eran necesarias tanto las maquetas como los planos dibujados, llegando a sugerir incluso que las maquetas estuvieran a la misma escala que el plano para una mejor relación entre los dos.

Por otro lado, en esta época también existió una aproximación distinta a la maqueta, aplicada por el arquitecto León Batista Alberti, según él la maqueta no era un medio para mostrar el proyecto a los mecenas ni una guía para los constructores, para Alberti la maqueta era un elemento fundamental en etapas tempranas de la concepción del proyecto arquitectónico, un instrumento de estudio que ayudaba al arquitecto a moldear de manera correcta las ideas y conceptos que se encuentran almacenados en su cabeza.

“Por lo que me concierne, debo decir que me ha sucedido muy frecuentemente concebir una obra en forma que al principio me parecía muy encomiable, mientras que, una vez dibujada, revelaba errores, gravísimos incluso en esa parte que más me placía; volviendo después a meditaciones sobre lo que había diseñado, y midiendo las proporciones, reconocía y deploraba mi incuria, finalmente habiendo fabricado las maquetas, examinando por partes los elementos, me percataba de haberme equivocado hasta en el número” (Millon, 2006)

Otro nombre importante de la época, Miguel Ángel Buonarroti, trabajó con maquetas de manera similar a los arquitectos nombrados anteriormente, por ejemplo en el proyecto de la basílica de San Pedro en Roma utilizó maquetas de concurso para la aprobación del proyecto, así como maquetas de estudio para la concepción de las complicadas bóvedas, pero lo más destacable de su producción en cuanto a maquetería es el sin fin de modelos a escala de detalles interiores y exteriores, cornisas, capillas, entablamientos, salientes, ábside, tabernáculos, etc. Son varios de los espacios de los cuales Miguel Ángel realizó maquetas a detalle para su seguimiento durante la construcción. (Millon, 2006)



Gráfico: Maqueta de la cúpula de San Pedro

Fuente: Museo del Vaticano

En resumen, durante el renacimiento se pueden diferenciar tres corrientes diferentes que siguieron los arquitectos de la época para trabajar con sus modelos a escala: la maqueta de concurso, la maqueta como herramienta para concebir el proyecto, y la maqueta a extremo detalle para la construcción.

La producción de maquetas durante el renacimiento se caracterizó principalmente por el extremo entusiasmo por la representación exacta y detallada del edificio tal y como sería construido en el futuro, tal fue la exactitud y minuciosidad de estas maquetas que podría ser consideradas casi una obra arquitectónica construida, pero a una escala más pequeña, llegando algunas a tardar casi un año completo en concluirse.

Barroco

Un referente de esta época es el arquitecto Sir Roger Pratt, uno de los encargados de la reconstrucción de varias edificaciones afectadas por el gran incendio de Londres, ocurrido en 1666, junto a Hugh May y Christopher Wren, su concepto de la maqueta llevaba al extremo el detalle tanto constructivo como decorativo.

“de acuerdo a Pratt una maqueta debería mostrar todas las cosas, tanto externas como internas, con sus divisiones, enlaces, vanos, ornamentos, etc., ... deben ser vistos exactamente como son, y en sus proporciones respectivas, como pueden ser posteriormente, labor de la cual ésta está compuesta para llegar a ser una prueba,...” (Wilton-Ely, 2006)

De igual manera Roger Pratt describe detalladamente la manera en la cual la maqueta debe ser elaborada, esto se debe a que en maquetas de esta complejidad se trabajaban en equipos tanto de arquitectos como de artesanos y carpinteros, los cuales llegaban un nivel de detalle exuberante, tanto que Pratt sugería que diferentes piezas de la maqueta fueran removibles para que de esta forma los espacios pudieran ser estudiados y modificados libremente de ser necesario.

“... de una fina beta de madera, como el pino, el árbol de pera, etc., extremadamente bien pulido y curado de la misma manera, y justo después se dibujará sobre ellas de igual modo como hizo sobre papel, después déselas a algún carpintero para que, en general, sean cortadas y ensambladas cuidadosamente, ... y después quedan todos los ornamentos por hacer, sujetados sobre sus sitios apropiados: y ya por último, todas las cosas que serán pintadas posteriormente de la misma manera en que aparecerán a lo largo del edificio, ...” (Wilton-Ely, 2006)

El segundo referente de esta época es Christopher Wren, quien participó en la construcción de la catedral de San Pablo en Londres, en este caso el rey Carlos II teniendo en cuenta el precedente dejado por la maqueta de la catedral de San Pedro, ordenó al arquitecto construir una maqueta de grandes proporciones y gran detalle, llegando a ser una de las maquetas más importantes jamás concebidas.

La maqueta de la catedral de San Pablo fue construida en madera de roble y tiene unas dimensiones enormes (3,9 metros de alto 6,1 metros de longitud), Wren trabajó junto a sus asistentes, pintores y artesanos en diferentes áreas del proyecto, tales como el trazado general en las tablas, la construcción de las bóvedas y el tallado de detalles internos y externos, tareas que él siempre supervisaba en persona. Debido a su complejidad esta obra llegó a tener aproximadamente 900 piezas extra de madera que conformaban decoraciones tales como capiteles, urnas, guirnaldas, cartelas, etc. Y posteriormente se agregó

pintura sobre la madera para simular piedra, plomo y varios detalles interiores. (Wilton-Ely, 2006)

Sin duda la maqueta de la catedral de San Pablo es la representación de una época en la cual este método de visualización arquitectónica llegó a su cúspide en cuanto a detalle y minuciosidad, y aunque las maquetas de trabajo menos detalladas y más conceptuales propuestas por León Batista Alberti pocas generaciones atrás también estaban presentes, las monumentales maquetas repletas de decoración fueron las más reconocidas.



Gráfico: Catedral de San Pablo

Fuente: <http://carolineld.blogspot.com/2013/02/st-pauls-cathedral-old-and-new.html>

Modernidad

En la Modernidad, específicamente en el periodo de tiempo en el cual se desarrolló el movimiento moderno en la arquitectura durante el siglo XX, debido a los nuevos estilos arquitectónicos, radicalmente diferentes a los periodos antiguos, los nuevos materiales industriales y un rechazo al excesivo ornamento que se había desarrollado hasta entonces, la maqueta tuvo que adaptarse a las nuevas necesidades de los grandes arquitectos y urbanistas que intentaban teorizar y crear nuevas tendencias.

Por un lado, la maqueta de concurso y la maqueta de detalle arquitectónico se desarrollaron prácticamente de la misma manera que en épocas pasadas, como elementos a escala que imitaban fielmente la realidad para presentarla tanto al público en general como a los constructores.

“A lo largo del siglo XX hay ejemplos de numerosas maquetas de relevancia histórica y heroica, que explican el proyecto y lo acercan al público en general. Por ejemplo, la maqueta que Jørn Utzon realiza del cielo raso de la Ópera de Sydney.” (Maurici P, 2006)



Gráfico: Maqueta Opera de Sydney
Fuente: <https://www.sydneyoperahouse.com/>

Por otra parte, la maqueta de trabajo o maqueta conceptual sufrió un gran desarrollo como una herramienta que permitía a los arquitectos experimentar con espacios, conceptos y formas nuevas previos a la construcción, llegando a extremos que sobrepasan los límites constructivos de una edificación. Usando materiales livianos, o moldeables como el papel, el cartón o yeso los arquitectos del movimiento moderno fueron capaces de experimentar con figuras poco usuales o grandes vanos y llenos, experimentos que luego trazarían en papel para resolverlos de manera constructiva y formal.

La capilla de Ronchamp diseñada por Le Corbusier, es un ejemplo de esta aproximación a la maqueta conceptual. Destacan dos maquetas, la primera de yeso en la cual Le Corbusier de manera escultórica crea los vanos en los muros de la edificación.

“La primera maqueta de Ronchamp que es una maqueta aparentemente pesada, en la que el famoso muro sur aparece perforado casi a cuchilladas, agujereado, esa actitud de perforar con una gubia el muro es algo que representa mucho los procedimientos que Le Corbusier empieza a utilizar a partir de 1945. Un Le Corbusier escultor, que traslada ese método a sus obras de arquitectura.” (Álvarez, Garnica and Esparza, 2006)

Y la segunda maqueta de Ronchamp en la cual Le Corbusier experimenta con el elemento estructural de la edificación.

“Esta segunda maqueta corresponde al proyecto definitivo y no tiene el detalle de los huecos, pero sí tiene esta otra técnica que destaca el valor de lo estructural.” (Álvarez, Garnica and Esparza, 2006)

La maqueta conceptual en el periodo moderno se desarrolló como un “universo separado” en el cual los arquitectos eran libres de experimentar libremente conceptos, estructuras, diseños, etc. dentro de un ambiente controlado que era diferente a la realidad constructiva.

La maqueta urbana

Por último, y no menos importante, encontramos el desarrollo de las maquetas urbanas, a gran escala, que sirvieron para estudiar el orden y la morfología de grandes proyectos de nuevas ciudades que se propusieron por importantes arquitectos durante el movimiento moderno. Estas maquetas representaban por lo general calles, zonas de la ciudad, áreas verdes, volumetrías de las edificaciones, monumentos e hitos, o edificaciones de importancia dentro del estudio y diseño urbanístico de una ciudad.

Durante el siglo XX surgió la tendencia de diseñar ciudades completas, un concepto que hoy en día se considera utópico ya que el urbanista debe trabajar sobre la ciudad existente que está en constante crecimiento, no obstante las maquetas de nuevas ciudades son un ejemplo de los ideales de arquitectos del siglo XX. Un ejemplo de esto es la ciudad de los tres millones de habitantes propuesta por Le Corbusier, la Broadacre City de Frank Lloyd Wright, e incluso Brasilia de Lucio Costa y Oscar Niemeyer (Maurici P, 2006)

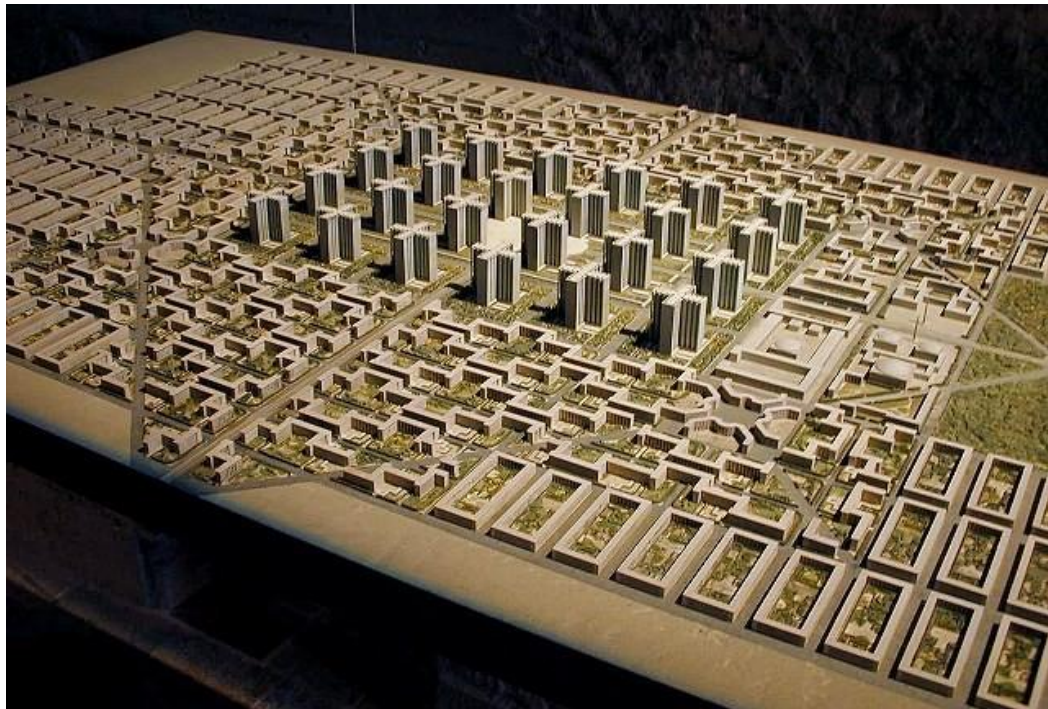


Gráfico: Maqueta ciudad para tres millones de habitantes de Le Corbusier

Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770281/clasicos-de-arquitectura-ville-radieuse-le-corbusier>

1.1.3. Importancia en influencia de la maqueta

La maqueta como herramienta complementaria a la arquitectura, tal como pudimos ver, evolucionó y se adaptó a las diferentes necesidades del arquitecto a lo largo del tiempo; su función, así como su materialidad cambió en beneficio de la intención que el arquitecto tenía para ella, distinguiéndose cuatro tipos de maquetas:

La maqueta de concurso, más elaborada y detallada, tenía como objetivo final el representar un proyecto completo y de fácil comprensión para individuos que no fuesen necesariamente arquitectos o conocedores del tema, generalmente presentada en concursos o directamente a los inversores o mecenas que financiarían el proyecto con el fin de dar una idea clara de cómo estéticamente se vería el proyecto terminado.

La maqueta de detalle, que se usó principalmente para ilustrar elementos complejos tanto estructurales como decorativos, generalmente representa una sección importante del proyecto de la cual se necesita más información, este tipo de maqueta sería generalmente usada para explicar detalles constructivos o de diseño a los encargados de la construcción, artesanos y obreros.

La maqueta conceptual es una herramienta de gran importancia durante las etapas más tempranas de la concepción de un proyecto arquitectónico, su principal objetivo es transferir las ideas y conceptos que el arquitecto ha pensado dentro de su cabeza a un ambiente físico y tangible mediante el cual se pueda experimentar, observar, analizar y manipular, con el objetivo de consolidar sus ideas.

La maqueta urbana, que podría considerarse una ramificación de la maqueta conceptual, funciona a una escala mucho mayor teniendo en cuenta, la manzana, el barrio, o en general la ciudad, su función principal es el estudio morfológico y de tejido de la ciudad, así como sus ubicaciones más importantes y organización tipológica para luego desarrollar la propuesta de un proyecto urbano.

1.2. Entorno 3D

1.2.1. Definición del término (Entorno 3D)

CAD y CAAD: “*Computer Aided Architectural Design (CAAD) ha sido definido y redefinido muchas veces a través de los años debido a que el rol del ordenador en la arquitectura ha sido sujeto de muchos cambios. En un principio fue previsto como una sofisticada máquina de simulación, y después como un repositorio de documentación precisa y comprensible de los edificios.*” (Reffat, 2006)

BIM: “*Building Information Model es definido por los estándares internacionales como la representación digital compartida de características físicas y funcionales de cualquier construcción que conforman una base confiable para la toma de decisiones.*” (Volk, Stengel and Schultmann, 2014)

Visualización Arquitectónica: es el proceso de tomar un diseño de arquitectura en 2D para luego modelarlo en 3D, asignar materialidad, definir una iluminación ambiental, definir efectos de cámara fotográfica y atmósfera, y luego generar una imagen que permite visualizar la intención que el arquitecto quiere comunicar a terceras personas a través de tecnologías de renderizado.

1.2.2. Marco histórico del entorno 3D

La Historia de los entornos 3D, (diseño asistido por computadora, modelado 3D, entre otros) se encuentra muy ligado a la misma historia y avance tecnológico de los ordenadores los cuales durante mediados y finales del siglo XX comenzaron a desarrollarse a gran velocidad junto a su creciente popularidad y comercialización, de esta forma permitiendo que empresas o simplemente individuos experimentasen con las nuevas posibilidades que ofrecía este nuevo medio.

Los primeros ordenadores

La tecnología de los ordenadores se lleva desarrollando desde casi principios del siglo XX, se considera que uno de los primeros ordenadores es el ABC (Atanasoff-Berry Computer) construido por John Atanasoff en 1939 en la universidad de Iowa State. Este ordenador es prácticamente una calculadora mecánica que utiliza el sistema binario para realizar su trabajo. (Lopategui, 2014)

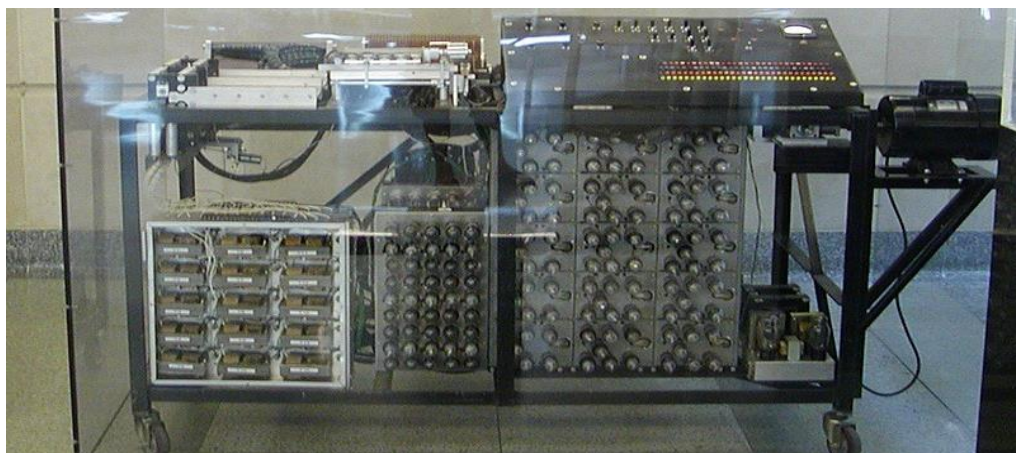


Gráfico: ABC (Atanasoff-Berry Computer)

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Atanasoff_Berry_Computer

Pero sin duda el más conocido de los primeros ordenadores es la ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), su fama se debe principalmente a sus enormes dimensiones debido a que ocupaba un espacio más grande que una habitación común, fue construido en un espacio de 9,14m por 15,24m en la universidad de Pensilvania, tenía un peso de 30 toneladas y un consumo energético alto de 160 kilovatios. Se cuenta que la primera vez que se encendió produjo un apagón en toda la ciudad de Filadelfia.

“Esta máquina fue desarrollada a gran escala, siendo derivada de las ideas no patentadas de Atanasoff. Este aparato trabajaba con el sistema decimal y tenía todas las características de las computadoras de hoy día.” (Lopategui, 2014)

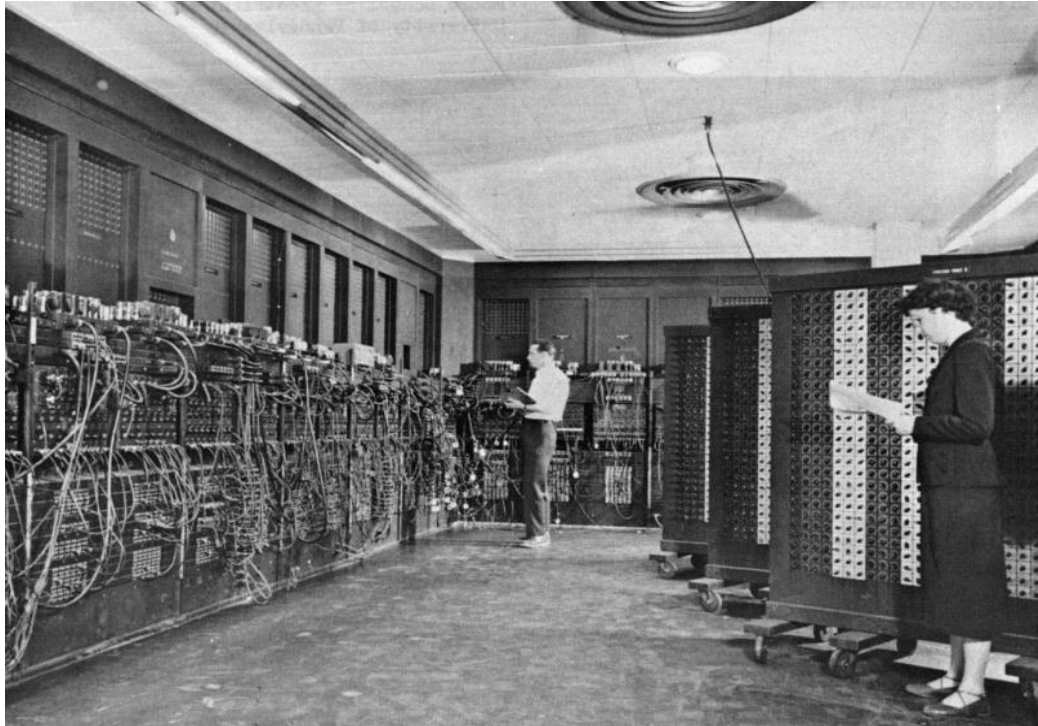


Gráfico: ENIAC

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/ENIAC>

La ENIAC fue construida por razones militares, como la mayoría de las primeras computadoras, su finalidad era la de realizar los miles de cálculos necesarios para compilar e inventariar tablas balísticas para el armamento del ejército de los estados unidos, a cargo de este proyecto estuvieron el Dr. John Mauchly y J. Presper Eckert en 1946, pero las principales limitaciones de este ordenador fueron la poca memoria y el largo tiempo que demoraba en cambiar de programas, para resolver esto poco después en la misma universidad se creó la EDVAC con ayuda del mismo equipo que colaboró en la construcción de la ENIAC, más la adición de John Von Neumann. Este ordenador fue construido para ser más fiable, rápido y económico gracias a su sistema de anotación binaria y su almacenamiento interno, de todas formas, este ordenador sigue teniendo unas dimensiones y peso elevados cubriendo 45 m² y pesando 7850 Kg.



Gráfico: EDVAC

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/EDVAC>

Los primeros ordenadores comerciales

Es relevante mencionar el inicio de esta tecnología ya que sin ella el BIM el CAD y la creación de entornos y simulaciones 3D no existiría, pero no es hasta 1951 que los ordenadores son producidos a gran escala y su popularidad crece exponencialmente como para empezar a tener relevancia en varios campos de trabajo como lo es la arquitectura, el arte y los videojuegos.

Esta explosión de la época de la computación ocurre de la mano de diferentes modelos y productores a lo largo del mundo. En un principio los primeros ordenadores comerciales utilizaban tubos de vacío para conducir electricidad, y aun eran modelos significativamente grandes y costos; dentro de esta categoría entran ordenadores como la UNIVAC I desarrollada por Reminfon Rand en 1951, La IBM 650 desarrollada por IBM en 1953 de la cual se manufacturaron más de 1000 unidades y será responsable del dominio de IBM sobre el mercado de los ordenadores durante una década produciendo modelos como las IBM 700 y la IBM 305 RAMAC.



Gráfico: IBM 650

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_650

La segunda generación de ordenadores se caracterizó por reemplazar los tubos de vacío por transistores; este cambio redujo el tamaño y el consumo energético de los dispositivos. Los primeros ordenadores de escritorio que usaban transistores fueron las IBM 1602 en el año 1959.



Gráfico: IBM 1620

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_1620

La tercera generación de ordenadores consistió en la introducción de los circuitos integrados en chips, otro avance tecnológico que permitió la disminución en el tamaño y peso de los ordenadores. Los primeros ordenadores en emplear esta característica fueron las IBM 360 en 1964 y las PDP-8 diseñadas por Digital Equipment Corporation en 1965.



Gráfico: IBM 360 y PDP-8

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_System/360

Primeros ordenadores personales

Pero no es hasta la cuarta generación de ordenadores que se introducen los microprocesadores, tecnología desarrollada por Gilbert Hyatt en 1968, estos permiten una drástica reducción en el tamaño de los componentes dentro del ordenador, permitiendo diseños más compactos y accesibles que pueden empezar a ser comercializados no solo a empresas sino también a individuos independientes; gracias a esto empiezan a desarrollarse los ordenadores personales, el primero de ellos es el modelo Kembak 1 diseñado por John Blankenbaker, este a diferencia de todos los modelos anteriormente vistos es mucho más pequeño pero lamentablemente no tuvo una buena acogida vendiendo solamente 40 unidades debido a su elevado precio para la época (750 dólares).



Gráfico: Kembak -1

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kembak-1>

No será hasta 1974 que los ordenadores personales empiezan a tener éxito en Estados Unidos, de la mano del modelo Altair 8800 producido por MITS, Inc. que vendió 4000 unidades dentro de los primeros 3 meses, y cuyo sistema

operativo “Altair Basic” fue programado por Bill Gates y Paul Allen. Su éxito se atribuye a su aparición en el artículo de la revista “Popular Electronics”, a su relativo bajo costo y el hecho de que se vendiese como una unidad para ensamblar en casa para aficionados de la tecnología y posteriormente como una unidad ya ensamblada para las personas que solo querían un ordenador.



Gráfico: Altair 8800

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Altair_8800#/media/File:Altair_8800_Computer.jpg

Dos años más tarde en 1977 se lanza al mercado el primer ordenador comercial de la empresa Apple, el Apple II que fue ampliamente aceptado por los usuarios debido a que su diseño incluía un monitor, teclado e incluso un programa para hojas de cálculo, sin embargo, su precio era elevado para la época (1298 dólares).



Gráfico: Apple II

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_II_series

Por otro lado, IBM entró al mercado de los ordenadores personales lanzando en 1980 la IBM PC la cual fue un éxito total, aunque se vendió por un precio alto de 1565 dólares sus ventas fueron muy buenas, tal fue su éxito que impulsaría a otras empresas de computadoras a generar clones que usasen las mismas características y sistema operativo, de esta forma creando un estándar de ordenadores que seguirían las mismas características en el futuro desembocando en el sistema operativo de Windows.



Gráfico: IBM PC

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Personal_Computer

Esta explosión de los ordenadores se producirá un poco después en Europa en 1980 gracias a modelos más accesibles al público en cuanto a precio, en Reino Unido los primeros modelos desarrollados fueron los de Clive Sinclair, ordenadores personales como la ZX80, ZX81 o ZX Spectrum acercaron el mundo de la computación al público común, estos modelos consistían en kits que los compradores tenían que armar en sus casas, desarrollados con materiales más económicos para tener un precio accesible, estos ordenadores también permitían a la gente común aprender a programar con manuales detallados.



Gráfico: ZX Spectrum

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/ZX_Spectrum

El concepto de “armar un ordenador”, y no solo aprender a usarlo sino también editar y crear mediante lenguajes de programación, educará a toda una generación de jóvenes que, con tiempo, ideales, determinación y las

herramientas a su alcance empezaran a programar, desarrollar y aplicar esa tecnología a diferentes campos, naciendo de esta manera los creadores independientes. En Reino Unido incluso se llega a declarar el año de la informática en 1982 impulsando el desarrollo tecnológico en la región y dando cabida al nacimiento de gran número de modelos de ordenadores personales entre los cuales destacan la Dragon32 y BBCmicro. En el resto de Europa se desarrollaron ordenadores personales bajo los nombres de Oric Atmos de Oric Products International, el Acorn Atom de Acorn Computers Ltd o el Amstrad CPC 464 de Amstrad Consumer Plc.

Quinta generación de computadoras

La quinta generación de ordenadores se caracteriza por la implementación de los chips de alta velocidad, el inicio del desarrollo de la inteligencia artificial, la aparición de los ordenadores portátiles y el nacimiento de las bases del internet tal y como lo conocemos hoy en día.

Se considera como el primer ordenador portátil al modelo Osborne I desarrollado en 1981 por Adam Osborne, este ordenador pesaba solo 10,7 kilogramos, contaba con teclado incorporado y una pantalla integrada de solo un poco más de 5 pulgadas, su diseño permitía empaquetarse y transportarse fácilmente, pero para su encendido tenía que estar conectado a una fuente de poder, posteriormente una batería externa se diseñó para que pudiera funcionar Durante 1 hora sin conexión eléctrica.



Gráfico: Osborne I

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Osborne_1

Posteriormente una de las primeras laptops u ordenadores portátiles de la ya conocida IBM fue el modelo IBMPC Convertible desarrollado en 1986 que se transformó en estándar para los ordenadores portátiles, con un peso de 5 Kg, y la implementación de métodos para ahorro de energía.



Gráfico: IBM Convertible

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_PC_Convertible

Durante esta época se desarrolló el GUI (Graphical user interface) y empieza a estandarizarse dentro de los diferentes modelos de ordenadores, los pioneros en este campo fueron los ordenadores como el modelo Xerox Alto diseñado por Xerox Corporation en 1973, es el primer ordenador diseñado con un sistema operativo junto a una GUI desde el principio, posteriormente en 1984 Apple lanza el modelo Macintosh un ordenador personal diseñado con GUI que fue muy bien recibido y se convirtió en un modelo a seguir para los siguientes modelos de ordenadores personales.

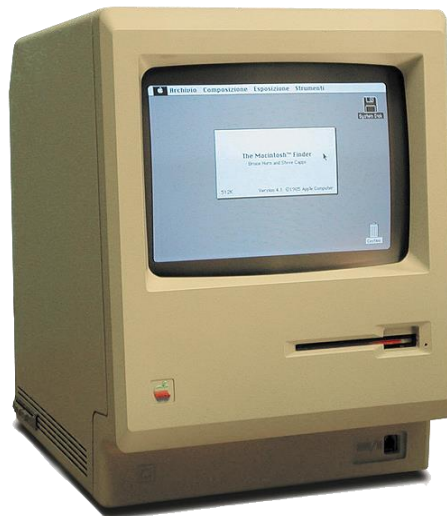


Gráfico: Macintosh

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Macintosh>

De aquí en adelante los ordenadores tanto personales como portátiles seguirán desarrollando su tecnología con cambios muy significativos en cuanto a potencia, velocidad y el tamaño de sus componentes internos, pero en general el concepto de lo que debe ser y será un ordenador ya fue fundado y poco cambiara con el pasar del tiempo.

Tanto la interfaz gráfica para el usuario y los componentes gráficos como la pantalla y el procesamiento de imágenes llegarán al punto de poder representar imágenes reales en pantalla y posteriormente incluso generar imágenes a partir de entornos recreados dentro del mismo ordenador.

Interacción gráfica con los ordenadores e interfaz gráfica para el usuario (GUI)

La forma de interacción con el ordenador también es una característica imprescindible que ha evolucionado y se ha perfeccionado con el tiempo hasta llegar a las avanzadas formas de representación y la eficiente interacción que tenemos con esta tecnología actualmente, de lo contrario crear entornos tridimensionales no sería posible sin las herramientas básicas que se implementaron a lo largo de la historia de estos dispositivos. En una época en la cual gran parte de los ordenadores solo eran capaces de mostrar texto básico en sus monitores sencillos, el pionero en el campo de la interacción gráfica entre ordenador y usuario fue el Dr. Iván Sutherland quien a principios de los 60s en sus estudios ya se planteaba maneras de como el usuario podría interactuar gráficamente con el ordenador, de esta forma creando posteriormente el programa Sketchpad, predecesor de todos los programas de diseño asistido por ordenador, este programa funcionaba en un ordenador Lincoln TX-2 que utilizaba un Lápiz de luz para interactuar con los elementos en pantalla y era capaz de dibujar vértices, líneas, circunferencias, hacer zoom y guardar bloques de diseño, todas estas características también podían ser utilizadas en proyecciones 3D (Sutherland, 2003)

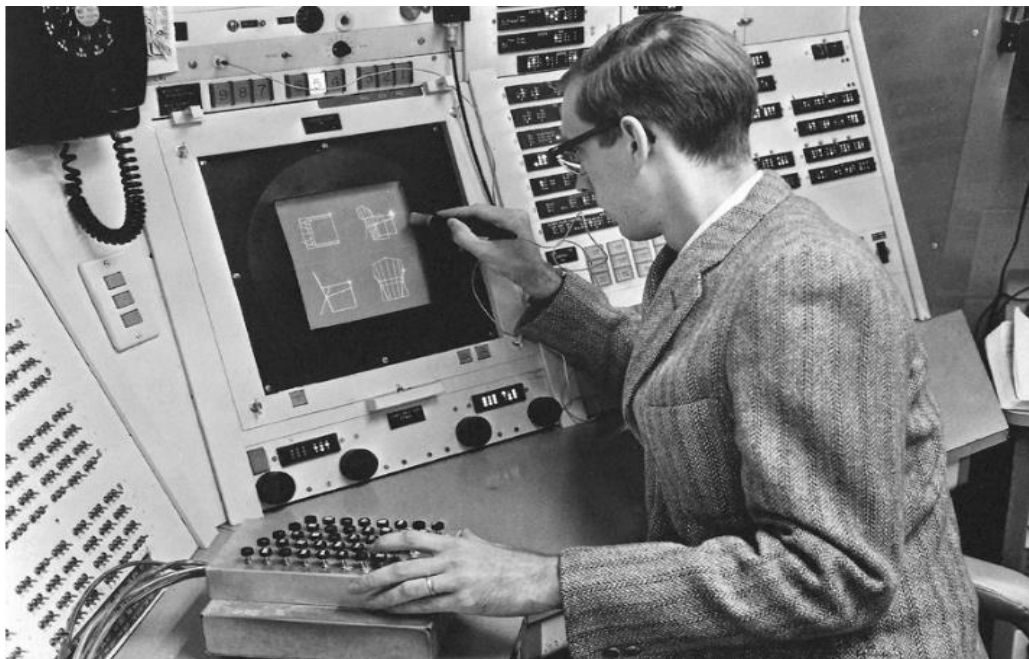


Gráfico: Iván Sutherland y Sketchpad

Fuente: Computer Aided Architecture : origins and development Computer Aided Architecture : origini e sviluppo

Poco después se desarrollaría el programa COPLANNER en 1964 que puede presumirse como uno de los primeros programas especializados en arquitectura, este era “un método de diseño de planos asistido por computadora” creado para diseñar la distribución funcional de hospitales, permitía controlar el espacio necesario para el diseño de hospitales de manera gráfica y estadística. El proyecto coordinado por los arquitectos James Soulder y Welden Clark estaba basado en información estadística y cuadros de flujos para ayudar al arquitecto en la composición paramétrica de los espacios, aunque el resto de sus características gráficas eran muy similares al programa Sketchpad, anteriormente nombrado.

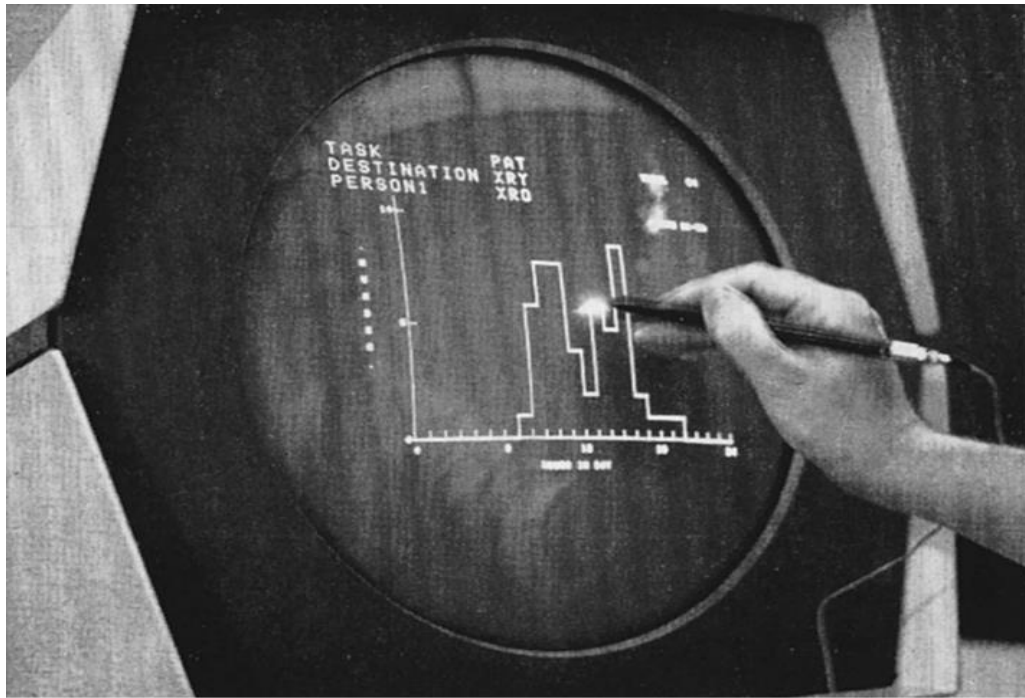


Gráfico: COPLANNER

Fuente: Computer Aided Architecture : origins and development Computer Aided Architecture :
origini e sviluppo

Tanto Sketckpad como COPLANNER dependían del uso de la tecnología del lápiz de luz uno de los primeros periféricos de entrada con la función de apuntar mediante el movimiento de la mano del usuario

“el lápiz de luz es una fotocélula manual que envía una señal al ordenador cuando su punta entra dentro del corto rango de visión. El tamaño de la fotocélula es el mismo que el de un bolígrafo y es manipulado de la misma forma que un bolígrafo o lápiz.” (Sutherland, 2003)

Pero esta tecnología demostró ser poco eficiente e incómoda durante largas sesiones de uso ya que al tener que sostener la mano de forma vertical frente a la pantalla esta se quedaba lentamente sin sangre lo cual producía entumecimiento. Otros dispositivos de entrada fueron inventados como el Joystick o palanca de mando, pero el periférico de preferencia gracias a su precisión y comodidad sería el Mouse o Ratón cuya invención fue atribuida a Douglas Carl Engelbart en 1967. En un principio este dispositivo usaba ruedas para capturar los movimientos del ratón sobre una superficie e iría evolucionando y perfeccionando su precisión usando desde una pequeña bola en su interior hasta llegar a los ratones modernos que funcionan con sensores ópticos sin necesidad de ninguna pieza mecánica. (Lyon, 2011)



Gráfico: El primer prototipo de ratón concebido por Doug Engelbart
 Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Douglas_Engelbart

Otra de las innovaciones de extrema importancia que permitió la accesibilidad y el trabajo de entornos 3D en ordenadores fue la creación de las interfaces gráficas para los usuarios

“Las primeras interfases de ordenador estaban basadas en comandos y los usuarios tenían que recordar comando para realiza ciertas acciones relacionadas con el mismo. Para resolver este problema y para reducir la carga cognitiva que envuelve la interface de líneas de comando, se desarrolló la interfaz gráfica de usuario (GUI) por primera vez por Xerox en el Centro de Investigación Palo Alto. La interfaz gráfica funcionaba con el concepto de WIMP que significa ventanas, iconos, menús y puntero.” (Basak, 2019)

Las interfases gráficas mejoraron la interacción entre el usuario y el ordenador, alentando una interacción más natural y más amistosa con usuarios menos familiarizados con los ordenadores gracias a reemplazar las líneas de texto con comandos visuales y fácilmente reconocibles.

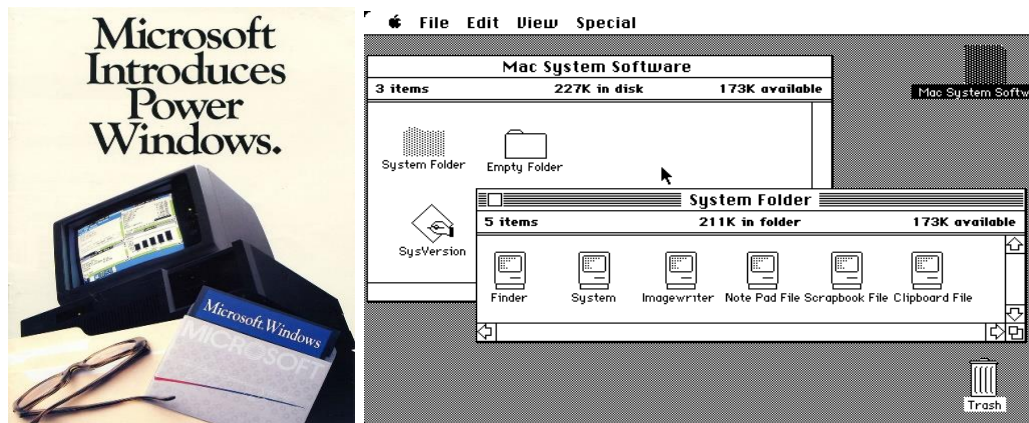


Gráfico: Windows 1.0 y primer sistema operativo Apple
 Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Macintosh_operating_systems#Classic_Mac_OS

El primer ordenador en usar una interfaz gráfica y periférico Mouse fue la anteriormente mencionada Xerox Alto desarrollado en 1973 y luego la Xerox Star 8010 en 1981, y gracias a su influencia la empresa Apple implementó posteriormente GUI y mouse en sus ordenadores Apple Lisa de 1983 y Macintosh de 1984 marcando una tendencia en el mercado que Microsoft e IBM tuvieron que seguir, de esta manera implementando las mismas características en sus ordenadores y creando sus propias versiones de GUI dando nacimiento a la primera versión de Windows.

1.2.3. Software para arquitectura y diseño 3D

El software para arquitectura y diseño se ha desarrollado a través de los años a la par que la tecnología digital de los ordenadores y los avances de la GUI desde principios de los años 60s, como se ha mencionado anteriormente sus primeros exponentes fueron Sketchpad desarrollado por el Dr. Iván Sutherland y COPLANER desarrollado por los arquitectos James Soulder y Welden Clark estos primeros software abrieron la puerta a la creación de posteriores que se ramificaron en diferentes especialidades del diseño asistido por ordenador CAD, CAAD, BIM o visualización arquitectónica.

Software modelado y renderizado (CAD, CAAD o CAM)

Computer Asisted Desing (CAD) y Computer Asisted Modeling (CAM) engloba todo programa para ordenador que ayuda al arquitecto o diseñador a modelar un objeto que puede ser un utensilio, decoraciones, arte, maquinaria, o incluso edificios, ya sea con la creación de esquemas, planimetría que describe las dimensiones y detalles del objeto o mediante la creación de un prototipo digital.

“Los gráficos de ordenado fueron desarrollados inicialmente en los 60s y gracias a esto se formaron las bases de los sistemas CAD, estos sistemas son usados durante las fases de desarrollo y documentación del diseño de un edificio. Los sistemas CAD ha sido desarrollados más allá de solo el dibujo 2D a el modelado de la geometría del edificio, hoy en día el software CAD es usado en varias etapas del diseño arquitectónico y está integrado con herramientas de análisis. “ (Reffat, 2006)

Algunos de los programas destacados en esta área son:

AutoCAD

Autocad es uno de los software de diseño asistido por computadora más reconocidos entre la comunidad de arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales, etc. Es usado principalmente en el diseño de planimetría 2D detallada con acotaciones, grosores de línea, texturas, entre otras funciones; también cuenta con funcionalidades 3D, pero estas han quedado relegadas por otros programas más especializados en la visualización y diseño 3D. La primera versión de este software se lanzó al mercado en 1982, desarrollado por Autodesk, pero su predecesor fue Interact CAD programado por Michael Riddle uno de los fundadores de la empresa Autodesk. Desde su lanzamiento este software se ha actualizado anualmente y a pesar de que los software BIM ofrecen un mayor control sobre los proyectos y una integración de la planimetría 2d con el modelo 3D, AutoCAD aún es popularmente usado entre una gran cantidad de arquitectos, con más de diez millones de usuarios. (Oliva Santos, 2015)

SketchUp

Es un software de modelado 3D con versión libre o con licencia, su característica más destacable frente al resto de programas es su sencilla interface que es fácil e intuitiva, permite que cualquier usuario principiante sea capaz de crear y modelar formas a su antojo, también es compatible con potentes motores de renderizado. La primera versión de SketchUp se lanzó en el 2000 luego del éxito de una campaña startup de la compañía Last Software. Se vendía como un software 3D que permitía a los profesionales modelar con la misma facilidad que usar bolígrafo y papel. En 2006, gracias a su popularidad, Last Software fue comprado por Google y en 2012 SketchUp fue vendido a la compañía Trimble. Hoy en día es un software ampliamente utilizado por más de treinta millones de usuarios gracias a su gran accesibilidad y sencillez.

3D Max

3D Max es un software de modelado y renderizado de alta calidad producido por el Grupo Yost y por la empresa Autodesk, pero el proyecto estaba a cargo de Gary Yost y Jack Powell. Su primera versión salió a la venta en 1990 con el nombre de 3D Studio, pero su antecesor fue el programa The Cyber Studio que salió a la venta en 1987. Su popularidad fue la razón por la cual Autodesk decidió contratar Gary Yost para crear un programa similar bajo su licencia. Hoy en día 3D Max es uno de los programas de modelado 3D más usados en el mundo debido a su versatilidad mediante el uso de plugins para realizar diferentes tareas que el usuario requiera. Desde su salida al mercado en 1990 no ha parado de actualizarse a nuevas versiones con mejoras y más funciones casi anualmente. (Oliva Santos, 2015)

Blender

Blender es otro programa de modelado, iluminación, renderizado y animación 3D. Adicionalmente cuenta con un editor de video, simulación de objetos físicos, motor de juegos interno. A diferencia de la mayoría de la mayoría de programas y software que se mencionaran en este texto, Blender se destaca por ser un software libre que no requiere licencia o pago alguno para descargarlo y hacer uso del mismo en proyectos personales o comerciales, por lo tanto, su desarrollo se ha dado de la mano de la comunidad de programadores, artistas y donadores que apoyan al proyecto de Blender para que este siga creciendo cada día. Su creador es Ton Roosendaal el cual desarrolló el programa en 1995 para el estudio de animación NeoGeo, posteriormente tras varios problemas financieros Tom Rosendaal creó la Fundación Blender sin ánimo de lucro con el objetivo de conseguir los fondos necesarios para desarrollar Blender como un software libre de diseño 3D al alcance de todos los artistas digitales, el proyecto tuvo gran acogida por la comunidad y la primera versión publica de Blender fue lanzada en 2002 y desde entonces la fundación se ha mantenido gracias a las donaciones de sus colaboradores actualizando el software constantemente, hoy por hoy este Software está a la altura de cualquiera de los otros grandes softwares de modelado 3D. (Foundation, 2013)

Software Building Information Model (BIM)

“Building Information Model es definido por los estándares internacionales como la representación digital compartida de características físicas y funcionales de cualquier construcción que conforman una base confiable para la toma de decisiones” (Volk, Stengel and Schultmann, 2014). El concepto de BIM nace inspirado de los modelos detallados aplicados en los campos de la industria Petroquímica, y la de construcción de automóviles y embarcaciones. El software BIM intenta representar las construcciones a detalle en un ambiente virtual en el cual toda la información necesaria para la construcción del proyecto es unificada y detallada con máxima precisión con el objetivo de administrarla de manera eficiente, tanto durante las etapas previas a la construcción como en la construcción e incluso durante la vida posterior del edificio. BIM puede tomar en cuenta tanto el diseño arquitectónico del edificio, el diseño de instalaciones eléctricas, sanitarias, domóticas, de emergencia, la planimetría 2D en conjunto con el levantamiento tridimensional, la visualización arquitectónica, la administración de costes, los cronograma, entre muchas más ramas que un proyecto pueda requerir.

Los softwares BIM puede llegar a ser complicados, poco intuitivos e incluso intimidantes para los nuevos usuarios, pero las ventajas que ofrecen frente a otros programas al momento de crear documentación arquitectónica son evidentes.

Algunos de los programas destacados en esta área son:

Archicad

Archicad tiene la reputación de ser el primer software BIM que implementó el diseño integrado de la planimetría 2D junto con el modelado 3D. Su primera versión fue lanzada al público en 1987 pero su desarrollo comenzó en 1982 a manos de la empresa Graphisoft y fue diseñado para la primera Macintosh de Apple. Archicad introdujo el concepto de “Virtual Building” que posteriormente será renombrado a BIM, y también introdujo el diseño arquitectónico 3d con objetos paramétricos que podían ser paredes, ventanas, puertas, forjados, techos, etc. Todos estos objetos guardan características y datos inherentes al objeto representado que pueden definir tanto sus dimensiones formales como características físicas, por ejemplo: peso, precio, material, composición, etc. Archicad sigue actualizándose anualmente hasta el presente y cuenta con potentes herramientas de diseño 3d, diseño planimétrico, renderizado, diseño MEP, estudio de impacto energético, y administración de todo tipo de documentos, pero una de sus características más importantes actualmente es la posibilidad de trabajar en grandes equipos conformados por varias personas, cada uno es su propia estación de trabajo u ordenador, en un solo archivo y al mismo tiempo gracias a su función Teamwork. Actualmente cuenta con más de 120 mil usuarios. (Oliva Santos, 2015)

Autodesk Revit

Revit puede considerarse como uno de los softwares BIM más populares en la actualidad, al igual que el anteriormente mencionado Archicad, este cuenta con funciones de diseño 2D integradas con el modelado 3D, modelado paramétrico, modelado y diseño de instalaciones, administración de archivos, posibilidad de trabajar con varias personas a la vez, entre otros. Su desarrollo comenzó en

1997 a manos de Charles River Software y su primera versión comercial fue lanzada en 1999, posteriormente 2002 la empresa Autodesk compro el software y continuara con su desarrollo actualizando el programa anualmente hasta la actualidad. (Oliva Santos, 2015)

Software para visualización arquitectónica

El software para visualización arquitectónica se refiere en este documento solamente a los programas que tienen la única finalidad de renderizar y crear imágenes utilizando la geometría o modelado 3D proveniente de un programa CAD o BIM separado a este. Los softwares de visualización arquitectónica con estas características se han popularizado recientemente gracias a cubrir la demanda de producir renders e imágenes arquitectónicas rápidas, de calidad, y con poco esfuerzo. Están ampliamente inspiradas en el software de renderizado en tiempo real que se usa en la industria de los video juegos, cabe recalcar que, aunque estos softwares realicen un estupendo trabajo para representar la arquitectura, aun no son capaces de reemplazar el realismo, fidelidad y libertad de diseño que se puede obtener utilizando motores de render especializados como Cycles Engine de Blender o Cinema 4D pero con tiempos de renderizado mucho mayores.

Lumion

Actualmente este programa se ha convertido en uno de los más populares entre arquitectos y estudios de arquitectura para la realización de renders, videos e imágenes panorámicas, esto se debe a que Lumion ofrece un poderoso motor de render que da resultados casi 100% realistas, y lo hace con una velocidad casi inmediata a comparación de los softwares de renderizado comunes. Cuenta con una amplia biblioteca de objetos, texturas, efectos, luces, etc. Que ayudan al usuario a decorar la geometría de sus diseños arquitectónicos mediante una interfaz muy intuitiva y además de eso permite la sincronización con varios de los programas BIM más populares para visualizar los cambios en el diseño en tiempo real. La primera versión de Lumion fue lanzada al mercado recientemente en 2012 y fué desarrollada por la compañía Act-3D B b.v. (Oliva Santos, 2015)

Twinmotion

Es otro programa de renderizado en tiempo real desarrollado y lanzado al mercado en el 2005 por la compañía KA-RA, ahora propiedad de la compañía Epic Games. Twinmotion es un software que tiene casi las mismas características que el anterior mencionado Lumion, pero se diferencia por otorgar al usuario un poco más de libertad al momento de controlar aspectos ambientales, fisionomía del terreno y permite el uso de objetos BIM descargados de internet fácilmente. Actualmente usa el motor de juego de Unreal engine.(Oliva Santos, 2015)

Motores de juego usados en visualización arquitectónica

Los motores de juego son entornos diseñados para que los usuarios construyan video juegos ya sea en consolas, dispositivos móviles o computadoras personales. Las funciones proveídas por un motor de render son las de renderizado, simulaciones físicas y de colisión, sonido, scripting, animación,

inteligencia artificial, escenografía y cinematografía, entre muchas más funciones interactivas que son necesarias para la creación de un videojuego. Lo que hace de los motores de juego una opción interesante para el campo de la arquitectura son sus capacidades de renderizado en tiempo real, y su gran libertad para hacer de los entornos 3D interactivos y fácilmente navegables mediante dispositivos móviles, ordenadores o dispositivos de realidad virtual.

Unreal Engine

Unreal Engine es un motor de juego desarrollado por la empresa Epic Games y usado principalmente en la industria de los videojuegos, su primera versión se desarrolló 1995 y fue lanzada en 1998 visualizado por primera vez en el videojuego en primera persona llamado Unreal y Unreal Tournament. Este motor de juego cuenta con todas las herramientas necesarias para desarrollar un videojuego 3D, pero también tiene uso en el campo de los videojuegos 2D, la cinematografía, realidad virtual o en este caso la visualización arquitectónica, permitiendo dotar a los entornos 3D de interacciones que el usuario puede programar. El software es gratuito y aunque su interfaz no es muy intuitiva para los usuarios nuevos, es uno de los motores de juego más fáciles de dominar. (Oliva Santos, 2015)

Unity

Es otro motor de juego y uno de los más conocido y usados en la industria de los videojuegos. Se lanzó en el 2005 desarrollado por la empresa Unity Technologies con la premisa de permitir democratizar la industria del desarrollo de videojuegos haciéndose más accesible a los desarrolladores y empresas aficionadas o en crecimiento, al igual que Unreal engine, es un software que se utiliza principalmente en el desarrollo de videojuegos, pero sus capacidades de renderizado en tiempo real e interacción con el usuario lo hacen una opción viable para el campo de la visualización arquitectónica. (Oliva Santos, 2015)

1.2.4. Importancia e influencia del entorno 3D

Como se puede apreciar, durante el desarrollo de este marco histórico, el desarrollo de los entornos tridimensionales generados por ordenador está muy ligado a los avances tecnológicos y la historia de los ordenadores que se ha producido durante el último siglo. Esta tendencia ha sido el producto de la aplicación de las nuevas tecnologías a todos los campos profesionales en los cuales pudiera resultar útil, por lo tanto la arquitectura se ha visto beneficiada por estos avances tecnológicos durante los últimos setenta años.

Podemos apreciar claramente que, en comparación a la maqueta, que ha recorrido una extensa historia consistente en más de treinta siglos de antigüedad, las nuevas tecnologías y la experimentación con entornos 3D para arquitectura es un campo de estudio joven con un promedio de sesenta años de antigüedad pero que rápidamente ha tomado mucha fuerza y relevancia dentro del campo de la arquitectura gracias a la acelerada tecnificación de nuestra sociedad.

Los software CAD, CAAD y BIM facilitan la tarea del arquitecto, acortan el tiempo y recursos que este gastaría usando métodos de dibujo tradicional para realizar planimetría, permiten alcanzar niveles de detalle profundos tanto en arquitectura

como en ingenierías y a la vez mantener organizada la información y documentación en archivos digitales que, tanto el arquitecto como el cliente o cualquier integrante del proyecto, pueden visualizar en sus dispositivos. Por estas razones estos softwares y métodos de trabajo se han convertido en una herramienta imprescindible tanto para el arquitecto como para los estudios de arquitectura.

Al igual que en el caso de las maquetas y su clara división entre maqueta de concurso, de detalle, conceptual y urbana, en el campo de los entornos tridimensionales para la arquitectura podemos encontrar el CAD, BIM y la visualización arquitectónica, refiriéndose a estas como:

El CAD o diseño asistido por ordenador mediante el cual se usa el software con el objetivo final de diseñar y producir documentación arquitectónica como pueden ser planos, modelos 3D, renders, cuadros de datos, etc. Generalmente los softwares CAD se utilizan tanto en las etapas de diseño temprano de un proyecto arquitectónico como en las etapas finales.

El BIM o Building Information Modeling en el cual se usa el software específico no solo para diseñar proyectos y producir documentación, pero también para administrar, organizar y conseguir una visión más amplia de lo que conlleva un proyecto arquitectónico. Software como estos se utilizan generalmente en etapas tardías cuando el proyecto arquitectónico ya está bien definido, pero gracias a las herramientas que proporcionan también pueden ser utilizados en etapas tempranas del proyecto.

El campo de visualización arquitectónica, en cambio, solamente se dedica al ámbito del modelado 3D, renderizado, o la creación de entornos para renders 360 o para realidad virtual que tienen la función de presentar, generalmente al cliente o inversionista, una imagen lo más cercana a la realidad de cómo el proyecto será en un futuro, casi siempre se usa en etapas tardías o con un proyecto ya terminado.

2. CAPÍTULO II / MARCO REFERENCIAL

Durante esta sección de la investigación se pretende recolectar información clave que ejemplifique el uso positivo tanto de las maquetas como de los entornos 3D para el diseño y representación arquitectónica, proyectos con finalidades distintas que utilizan las diferentes ventajas de las maquetas o entornos 3D para cumplir con sus objetivos ya sea la representación gráfica de un proyecto o la implementación como herramienta que ayude durante la creación del mismo.

2.1. Referente de maquetación – 1

2.1.1. Las maquetas de la Notre Dame du Haut en Rochamp – Le Corbusier

La capilla católica de Notre Dame du Haut es un proyecto que se construyó en 1955 y fue diseñado por el conocido arquitecto del Movimiento Moderno Le Corbusier. Está ubicada en la comuna francesa de Ronchamp, en la parte nor-este de Francia. La asociación l'Œuvre Notre Dame du Haut contrató a Le Corbusier para construirla luego de que la anterior capilla fuera destruida durante la Segunda Guerra Mundial.



Gráfico: Notre Dame du Haut

Fuente: <http://www.fondationlecorbusier.fr/>

La capilla de Rochamp es un proyecto pequeño que solo cuenta con dos entradas, un altar principal, tres capillas, un altar y púlpito de tamaño reducido en una de sus fachadas exteriores. El proyecto, aunque es sencillo y de tamaño reducido, deja entrever el uso de la maqueta como una poderosa herramienta de diseño a manos del arquitecto Le Corbusier.

En un principio, durante el diseño arquitectónico de la capilla, la maqueta es utilizada por Le Corbusier como una herramienta flexible que le ayudará a definir la forma de la edificación, la distribución de sus espacios y aberturas, así como las pendientes de sus techos e incluso su acústica. Las primeras maquetas

producidas para este proyecto fueron construidas con yeso, un material que permite cierto grado de flexibilidad, la cual el arquitecto puede aprovechar para experimentar y realizar cambios. Varias maquetas fueron producidas para el proyecto de la capilla en Ronchamp corrigiendo errores y produciendo cambios que posteriormente ayudaran a producir la planimetría y documentación arquitectónica correspondiente.

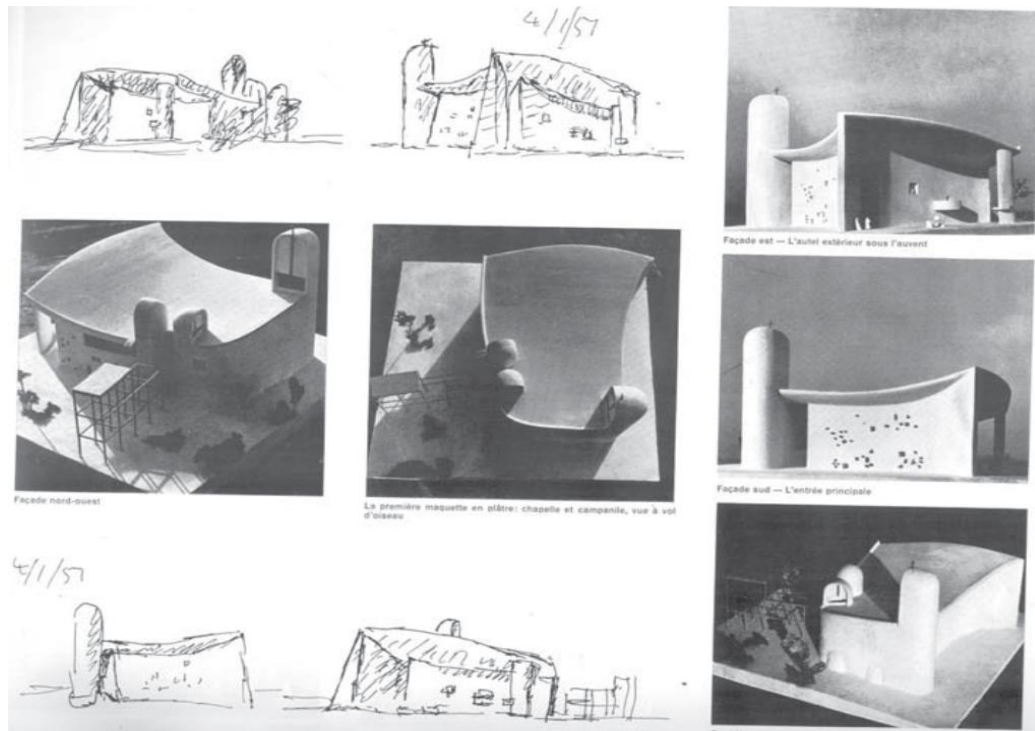


Gráfico: Primera maqueta y bocetos de Notre Dame du Haut
Fuente: Publicado en l'Œuvre Complète. Vol 5

“La maqueta “regalada” parece ya haber cumplido su cometido, y durante estos días de enero y febrero ya se realizan nuevas maquetas que rectifican algunos aspectos de la anterior y avanzan el proyecto hacia un documento técnico. Los ajustes realizados son fundamentalmente la reducción del tamaño de la ermita, la eliminación de la estructura del “clocheur” o campanario que conformaba el acceso norte al edificio y, finalmente, la pendiente de la cubierta, que pasa a realizarse en el eje este-oeste, por lo que el aljibe que recogía el agua de la cubierta se sitúa lejos de la entrada, en la trasera del edificio.” (Cova Morillo-Velarde, 2015)

Algunas de estas maquetas fueron regaladas a figuras públicas, como es el caso de la primera maqueta de la capilla de Ronchamp que pasó a manos del ministro de reconstrucción y urbanismo Eugène Claudius Petit, claramente luego de haber cumplido su función y haber sido reemplazada por maquetas actualizadas que reflejaban cambios significativos en el proyecto. Las principales modificaciones que sufrió el proyecto con ayuda de la maquetaría fueron:

“El menor tamaño del desarrollo del eje principal de la nave permite la evacuación de aguas en esta dirección. Además, perdido el “clocheur”, desaparece también una entrada acústica por el flanco norte del primer proyecto, rodeada del ruido del agua de lluvia vertida al estanque y las emisiones sonoras electrónicas de la propuesta de campanario” (Cova Morillo-Velarde, 2015)

Pero una vez definido el aspecto formal de la edificación con la ayuda de los modelos a escala producidos en yeso, el proyecto se embarcó en la definición de los elementos constructivos, y de la misma forma en la que las maquetas ayudaron a definir el aspecto formal también fueron elementos indispensables para construir y documentar el sistema estructural de la capilla, le Corbusier recurrió al alambre como el material adecuado para definir los complicados entramados que formarían posteriormente el techo de la capilla los cuales a sus clientes les recordaba a un ala de avión.

Varias maquetas fueron necesarias para definir los elementos estructurales de este proyecto, a diferencia de las maquetas realizadas con yeso al principio de la concepción de la edificación, las maquetas de alambre tenían un carácter más técnico ya que su objetivo era armar el esqueleto de la edificación, llegados a este punto se realizarían las últimas modificaciones formales y posteriormente solo se definirían el aspecto estructural.

“Estos elementos, dúctiles para su manipulación, pero lo suficientemente resistentes como para evitar modificaciones excesivas, hubieron de servir para “precisar” la toma de decisiones, La jaula resultante enfatiza el hecho de que cualquier modificación de la forma implica un ajuste generalizado del conjunto, dotando así a la maqueta de un rigor tectónico, más allá de la pura componente plástica” (Cova Morillo-Velarde, 2015)

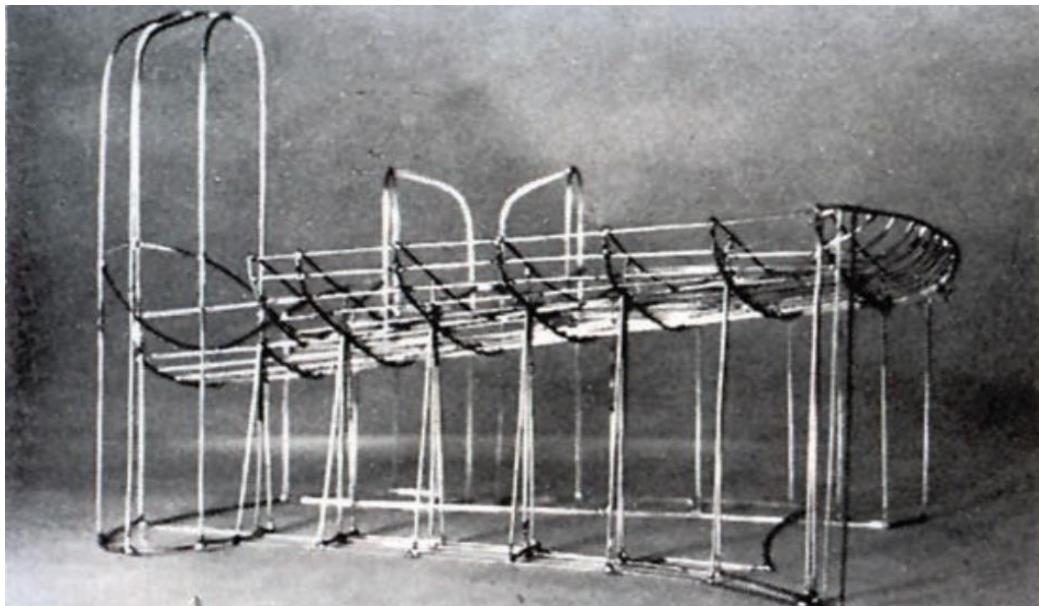


Gráfico: Maqueta de Alambre de Notre Dame du Haut
Fuente: Publicada en l'Œuvre Complète. Vol 5.

El alambre fue escogido para estas maquetas ya que Le Corbusier había pensado desde el principio realizar el proyecto con estructura metálica esto puede apreciarse en sus primeros dibujos para la propuesta de la capilla, y ya que la complicada forma cóncava del techo era un elemento difícil de proyectar a lápiz la maqueta fue la herramienta que lideró la construcción precisa del volumen

“La materialidad utilizada para el armazón -a escala 1:100 aproximadamente- no se limita a la plasticidad del material para su manipulación. El objeto remite a las primeras intenciones de Le Corbusier consistentes en realizar una estructura

metálica, intuitivas en los dibujos presentados en la Comisión Diocesana en 1950” (Cova Morillo-Velarde, 2015)

Las maquetas, tanto formales como estructurales trabajadas en yeso y alambre, fueron concebidas en escala 1:100, una escala relativamente sencilla de usar dado el pequeño tamaño de la capilla, sin embargo, se realizó una maqueta más detallada de la estructura del techo conocida como “Ala de avión”, esta maqueta se trabajó a escala 1:20 utilizando como materiales madera y cartón para las costillas de la estructura dando la curvatura que posteriormente será recubierta con papel. (Cova Morillo-Velarde, 2015)

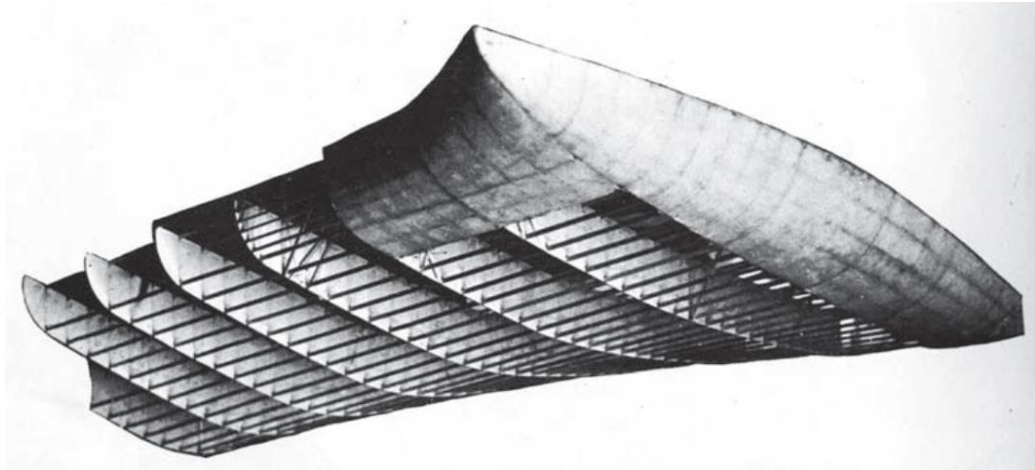


Gráfico: Maqueta de la cubierta de Notre Dame du Haut
Fuente: Publicada en l'Œuvre Complète. Vol 5.

Aparte de la maqueta detallada a 1:20, le Corbusier también decidió forrar con papel translucido la maqueta de alambre a 1:100, de esta forma *“El forro de la maqueta añade algunas aclaraciones y ausencias de temas ya planteados en la plástica del edificio”* (Cova Morillo-Velarde, 2015). Le Corbusier usa esta maqueta para la mera observación del edificio y principalmente sus áreas internas colocando figuras humanas para facilitar la comprensión de la escala y posicionando sus ojos a la altura humana.



Gráfico: Maqueta de alambra forrada
Fuente: Publicada en l'Œuvre Complète. Vol 5.

Por último, la maqueta de alambre y la maqueta de detalle a pesar de haber sido construidas rigurosamente sirvieron en mayor medida como una guía para la producción técnica de la documentación y planimetría arquitectónica, al final se pueden notar cambios entre las maquetas y la planimetría finales, cambios en las retículas que formaban la estructura metálica, cambios en aperturas, entrada y ventanas. La finalidad de las maquetas no era ser un modelo preciso del edificio una vez se haya construido si no un modelo que permita al arquitecto sentir el espacio y modificarlo con sus propias manos para facilitar su comprensión.

“A pesar de que el desarrollo geométrico de este dibujo implica la pérdida de la retícula original de la maqueta de alambre, la del “ala” aún mantiene todas las vigas secundarias paralelas entre sí, lo que demostraría que estos últimos desarrollos gráficos se realizan a partir de dicha maqueta. A partir de las verificaciones obtenidas de la maqueta y tras su valoración técnica y plástica, el dibujo aportará la solución final” (Cova Morillo-Velarde, 2015)

2.1.2. Técnicas/software/procesos

Las técnicas usadas para construir la maqueta de la capilla Notre Dame du Haut en Ronchamp tuvieron como objetivo principal facilitar el trabajo del arquitecto al momento de crear las formas y entender el espacio, volumen o estructura del edificio, por lo tanto se hizo uso de materiales fácilmente moldeables, que se puedan doblar y dar forma con facilidad y a los cuales se les pueda añadir cambios en el futuro, tales como el yeso, alambre, cartón, madera y papel

El yeso se usó para las primeras maquetas que dictaban el aspecto formal del edificio, este material permite al arquitecto moldear la forma a su gusto, perforar y realizar retoques siempre y cuando el yeso no haya endurecido, posteriormente permite el lijado y pintado

El alambre fue usado para las maquetas posteriores que pretendían resolver el aspecto estructural, este material fue elegido por la facilidad por la cual se puede doblar y amoldar las complicadas cerchas que este proyecto requería, posteriormente se usó papel translúcido para simular las envolventes que se colocarían sobre la estructura.

La madera y cartón parecen haber sido usadas de manera más precisa para detallar la estructura metálica del techo, perfiles de madera o cartón, unidos por lo que parece ser alambre y forrado con el papel que sigue la forma curva dictada por la estructura.

2.1.3. Finalidad/ uso en el mercado o educación

El conjunto de maquetas de la capilla de Ronchamp es un claro ejemplo de el uso de la maqueta conceptual como un elemento que ayuda al arquitecto a definir el proyecto desde las etapas más tempranas de su concepción, una herramienta que no tiene la finalidad de representar un proyecto terminado sino al contrario ayudar a definir el proyecto ya sea en su aspecto formal o como en este caso a su vez incluyendo el aspecto estructural.

“La forma, cuya vida propia ha ido gestándose en las maquetas de yeso y acero de Ronchamp, pasa por ese último modelado de la mano “modularizada” en las planimetrías. El resultado será un documento riguroso, pero de una precisión que sobrevuela la simple validez técnica, pues al estar “íntimamente” vinculadas sus geometrías al Modulor, se abre la puerta durante el proceso de construcción a seguir pensando con el cuerpo y con sus medidas, y a hacerlo, como en las maquetas, con las manos que ven y los ojos que palpan.” (Cova Morillo-Velarde, 2015).

2.2. Referente de maquetación – 2

2.2.1. La maqueta de Cádiz de 1775

La maqueta de la ciudad de Cádiz fue parte de un gran proyecto dispuesto por Carlos III en el siglo XVIII que consistía en la elaboración de una colección de maquetas a escala de las ciudades más importantes del reino de España en aquel entonces, la maqueta de Cádiz fue la primera y la única que se realizó para este proyecto que a poco de comenzar fue abandonado, pero dejando como resultado una de las maquetad urbanísticas más interesantes de la época.



Gráfico: Maqueta de Cádiz

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Maqueta_de_C%3%A1diz

Durante la edad moderna europea que duró desde el siglo XV al siglo XVIII se produjo una tendencia seguida por varias de las monarquías de aquel entonces, esta consistía en la elaboración de maquetas arquitectónicas y Urbanas de sus reinos las cuales tenían un objetivo mayormente militar, se pueden encontrar registros de maquetas urbanas europeas provenientes de esta época pertenecientes a Venecia, Suecia y principalmente Francia que es uno de los principales exponentes en la realización de maquetar urbanas y planimetría con relieve durante la edad moderna.

“Investigaciones desarrolladas en las últimas décadas han puesto de manifiesto la importancia que algunas monarquías europeas dieron durante la Edad Moderna a la elaboración de una colección de maquetas de sus ciudades más importantes, que permitiera controlar puntualmente las fortalezas y debilidades

de las mismas, en aras de tomar decisiones de carácter militar que” (Castro, Vera and Aguilar-Camacho, 2016)

El proyecto de las maquetas de las ciudades de España comenzó en 1776, fue dispuesta por el rey Carlos III sin embargo gracias documentos manuscritos de la época *“parece claro que la persona que impulsa este proyecto y consigue persuadir a Carlos III de la necesidad de disponer de una colección de maquetas de esta índole es el Conde de Ricla, ministro de la Guerra en estos momentos.”* (Castro, Vera and Aguilar-Camacho, 2016), estas maquetas eran requeridas para actividades militares ya que representaban el espacio físico real de las ciudades y permitían que las autoridades militares tuviesen una mayor comprensión de las ciudades que tenían que defender en caso de conflictos armados.



Gráfico: Maqueta de Cádiz

Fuente: Castro, G. G., Vera, J. A. B., & Aguilar-Camacho, J. (2016). La maqueta de Cádiz de 1779. Utilidad militar o metáfora de poder. *Revista Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (15), 16–29.

El objetivo principal de estas maquetas en un principio no concernía al campo de la arquitectura y el urbanismo ya que su uso sería estrictamente militar, estas maquetas tenían que ser de fácil lectura para que individuos que no se encontraban muy familiarizados con la lectura de planimetría urbana y relieve pudieran comprender la forma y escala de una ciudad real y posteriormente realizar un plan de acción militar defensivo en base a la maqueta

“puestas las Plazas en relieve con el terreno suficiente alrededor de ellas, se comprende su verdadera fuerza del mismo modo que si estuviese sobre el terreno: si se proyecta alguna obra, se puede ver aquí con exactitud si las ventajas corresponden al coste, ahorrando al Real Erario por este medio sumas considerables, y si ponen sitio los enemigos a alguna Plaza, con el relieve puede V.M. ver, y enterarse exactamente de las operaciones de los enemigos, su situación, y demás que ocurran” (Castro, Vera and Aguilar-Camacho, 2016)

Debido a esto al ponerse en marcha el proyecto se optó por elaborar una normativa que defina detalladamente cómo se fabricarían estas maquetas, este documento detallaba tanto el presupuesto como la mano de obra, materiales, lugar de fabricación, etc. La primera maqueta que se realizó fue la de la ciudad de Cádiz debido a que era uno de los puertos españoles más importantes.

La maqueta fue directamente influenciada por la normativa impuesta, construida con maderas nobles principalmente la madera de cedro utilizada en el enchapado del mar y las cubiertas de los edificios, y se usó en la madera de cebo para las fachadas, pero también se usaron maderas como el ébano, peroba, caoba, guayacán, pino, y para los detalles en edificios monumentales se utilizó marfil como decoración, La normativa no había definido escala máxima ni tamaño máximo para la maqueta gracias a esto la maqueta de Cádiz tiene una escala 1:242 y unas dimensiones enormes de 12,52m x 6,92m



Gráfico: Maqueta de Cádiz - Acercamiento

Fuente: Castro, G. G., Vera, J. A. B., & Aguilar-Camacho, J. (2016). La maqueta de Cádiz de 1779. Utilidad militar o metáfora de poder. *Revista Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (15), 16–29.

Se contrató a un equipo extenso de carpinteros, serradores, ebanistas e incluso peones de maestranza y medición a quienes se les dio la ardua tarea de medir las distancias de las calles, de los edificios, definir el relieve topográfico y tomar todas las mediciones necesarias para que la maqueta fuera fiel a la realidad, posteriormente carpinteros y ebanistas se dedicaron a transcribir esas medidas sobre la madera creando volúmenes de gran detalle en fachadas y tejados, esto fue gracias a la escala inusualmente grande de la maqueta, algunos de los carpinteros incluso se tomaron la molestia de diseñar los espacios interiores los volúmenes extraíbles que correspondían a sus residencias o edificios de importancia, y monumentos o construcciones importantes fueron diseñadas con un mayor nivel de detalle.

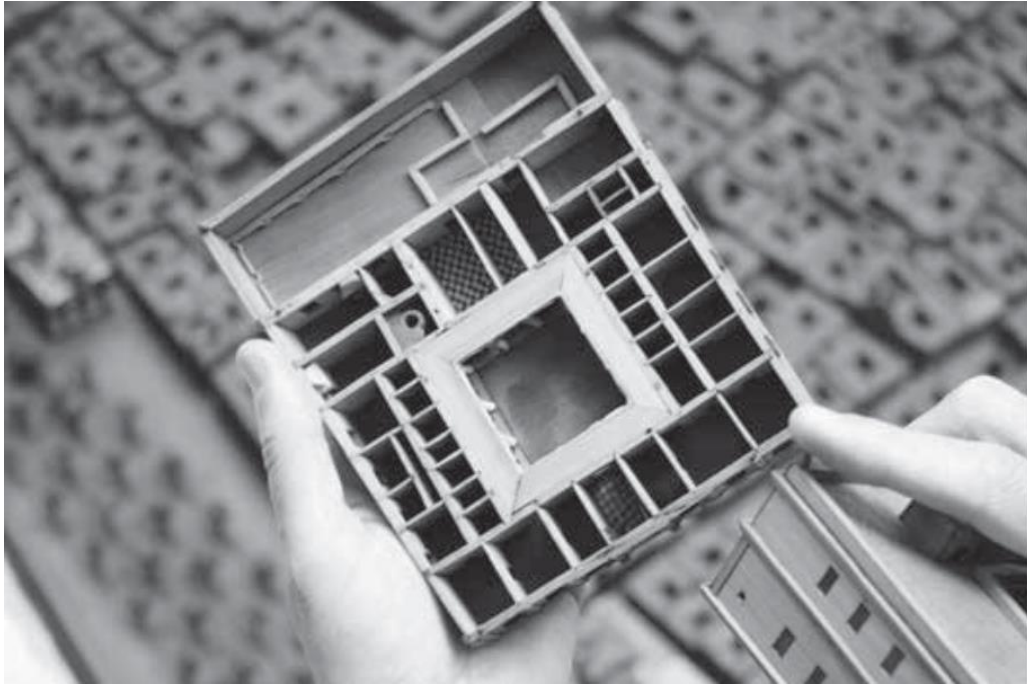


Gráfico: Maqueta de Cádiz – distribución interna

Fuente: Castro, G. G., Vera, J. A. B., & Aguilar-Camacho, J. (2016). La maqueta de Cádiz de 1779. Utilidad militar o metáfora de poder. *Revista Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (15), 16–29.

La maqueta fue creada a partir de un plano urbano ya existente pero el nivel de detalle que se alcanzó en este proyecto fue gracias al trabajo de los trabajadores encargados de medir los volúmenes reales de la ciudad, en su momento esta maqueta pudo ser útil para fines militares pero el gran detalle que contiene sirve como un registro fiel del urbanismo de la ciudad de Cádiz en el siglo XIII es un ejemplo de la fusión entre una ciudad puerto marítimo y una plaza fortificada de la edad moderna.

“El nivel de detalle que aporta la maqueta de Cádiz en la expresión del urbanismo, arquitectura y defensas de la ciudad a finales del siglo XVIII, la convierten en un objeto único pensado inicialmente como un instrumento de análisis militar, como herramienta para el planeamiento de estrategias militares, es tal el nivel de detalle de su representación, que con el paso del tiempo y una vez perdida su función primitiva, se ha convertido en un documento excepcional para el estudio del urbanismo y la arquitectura civil y militar” (Castro, Vera and Aguilar-Camacho, 2016)



Gráfico: Maqueta de Cádiz – Edificio Importante

Fuente: Castro, G. G., Vera, J. A. B., & Aguilar-Camacho, J. (2016). La maqueta de Cádiz de 1779. Utilidad militar o metáfora de poder. *Revista Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (15), 16–29.

La maqueta, que por sus grandes dimensiones es completamente desmontable, fue acabada y transportada al Palacio del Buen Retiro en Madrid en 1779 donde se expuso ante Carlos III y otras autoridades militares, claramente el proyecto fue un éxito pero esta fue la primera y la última maqueta que este proyecto concibió, las razones de esto yacen en que la maqueta de Cádiz había costado tres veces el presupuesto acordado y había agotado los fondos que serían destinados a las próximas maquetas, adicionalmente el país pasaba por una situación económica complicada y la maqueta de Cádiz, aunque era grandiosa y de mucho detalle, no cumplía con su función primaria al ser extremadamente difícil de transportar y armar, por culpa de estos factores se decidió no invertir más dinero en el proyecto y oficialmente a principios de 1780 se comunicó su cancelación. (Castro, Vera and Aguilar-Camacho, 2016)

2.2.2. Técnicas /software/procesos

La técnica utilizada para construir la maqueta de Cádiz fue especificada en la normativa que se escribió para el proyecto de las maquetas de las ciudades de España, la normativa definía muy bien materiales, presupuesto, tiempo y mano de obra, pero carecía de puntos clave como la escala y dimensiones máximas, gracias a esto la maqueta de cadis resulto se enorme.

En primer lugar, la maqueta se basó en una planimetría urbana preexistente de la época, pero esta no era lo suficientemente detallada por lo cual se contrataron obreros especializados para tomar mediciones tanto del relieve topográfico de la ciudad como de las mismas construcciones y calles que la conformaban, gracias a este arduo trabajo la maqueta cuenta con una exactitud y detalles impresionantes.

Los materiales utilizados para realizar la maqueta fueron principalmente maderas nobles en su mayoría la madera de cedro y de cebo que se utilizó tanto para el mar, el relieve y los volúmenes y fachadas de las construcciones, resultando en una cromática y estilo uniforme para toda la maqueta.

Adicionalmente los carpinteros se tomaron la libertad de modelar a detalle los edificios y monumentos más emblemáticos de la ciudad, hospitales, plazas, palacios, iglesias entre otros fueron modelados a detalle y decorados con marfil, dando un paso más allá también recrearon los espacios internos de varios de los edificios emblemáticos incluso los de sus propias residencias.

2.2.3. Finalidad / uso en el mercado o educación

En un principio la maqueta tenía un propósito completamente militar, sugerida por las autoridades militares para permitir a los individuos no experimentados comprender de una forma sencilla la ciudad, sus volúmenes y sus espacios para planificar mejor las defensas ante un posible ataque, a esto se suma que varias de las monarquías de Europa ya habían realizado maquetas de sus ciudades, pero España aún no contaba con ninguna.

A pesar de a ver sido proyectada con fines militares, la maqueta de cadis al pasar el tiempo quedo obsoleta para su propósito inicial, sin embargo, sirve en la época actual como un registro detallado de la arquitectura y el urbanismo de la ciudad de Cadis en el siglo XVIII.

2.3. Referente de entorno 3D – 1

2.3.1. La torre Swiss Re (30 St. Mary Street)

La torre Swiss Re es un edificio de 40 pisos y 180 metros de altura que se ubica en Londres y pertenece a la Swiss Reinsurance Company of Zurich quienes acudieron a Norman Foster & Partners Architects para su diseño y construcción. El proyecto se diseñó en 1997 pero se empezó a construir en el 2001 debido al continuo debate producido por su forma que rompe con el estilo arquitectónico de la zona, además del temor infundado por los ataques a las torres gemelas del

11 de septiembre del 2001, su construcción fue finalizada en el 2004, la torre Swiss Re fue diseñada y construida utilizando herramientas de modelado BIM que, debido a la complejidad tanto estructural como formal, fueron de gran ayuda al definir precisamente las complejas partes del edificio y aumentar la eficiencia.



Gráfico: Torre Swiss Re

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/30_St_Mary_Axe

Torre Swiss Re no cuenta con mucha documentación detallada acerca del uso de software BIM en su diseño, pero en la tesis doctoral titulada “Generación y control de formas libres en entornos BIM: Modelado paramétrico, modelado algorítmico” el autor Antonio Larrondo recrea este edificio utilizando software BIM aplicando en un principio modelado paramétrico y posteriormente modelado algorítmico demostrando de esta manera el flujo de trabajo junto con las ventajas y desventajas de ambos procedimientos. Para este caso de estudio se utilizará el ejemplo de modelado algorítmico debido a sus ventajas al momento de diseñar un edificio de geometría complicada como lo es la torre Swiss Re.

La recreación de la torre comienza por la definición de la forma del edificio y el impacto que este producirá en el entorno en el cual se emplaza, para esto se ha empleado una simulación de las propuestas formales en el entorno virtual de la ciudad modelado mediante volumetrías 3D sencillas, una herramienta de gran utilidad para medir el impacto de la forma del proyecto de una manera mucho más visual.

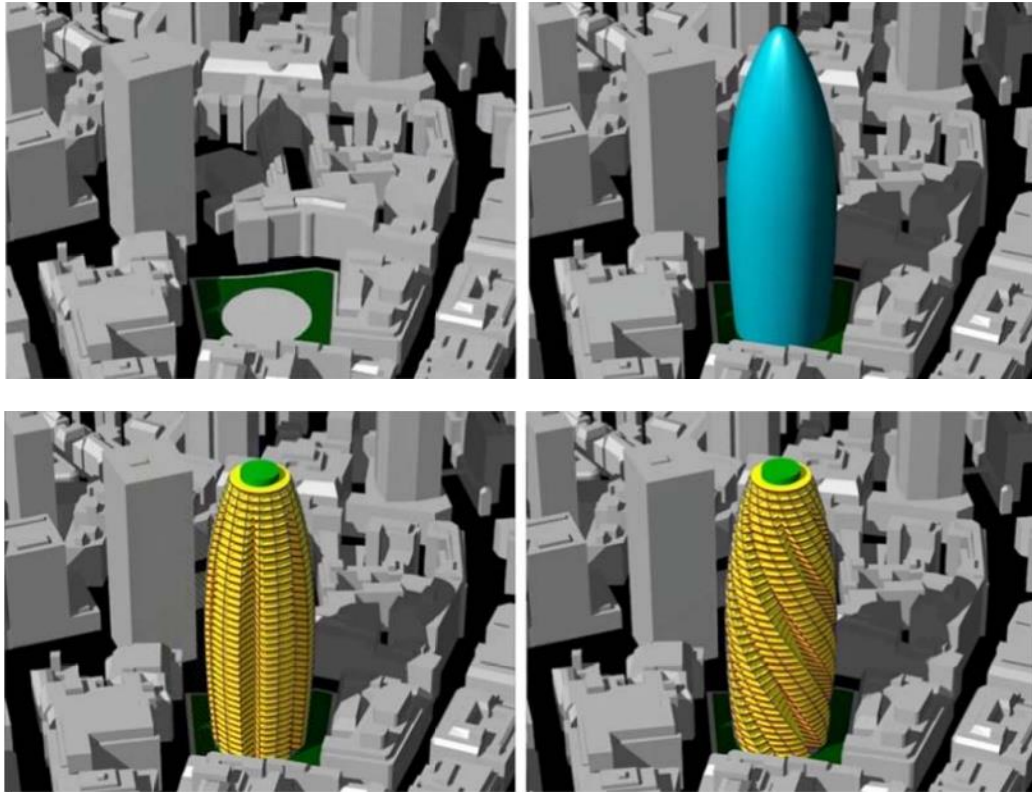


Gráfico: Torre Swiss Re Implantación digital
Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/30_St_Mary_Axe

Luego de definir la forma del edificio y tomar los datos pertinentes para el diseño del edificio, tales como las alturas, limitaciones del terreno, normativas, entre otras condicionantes, se puede empezar a diseñar a detalle el edificio mediante software BIM y en este caso mediante el modelado algorítmico.

El modelado algorítmico es un procedimiento para diseñar el modelo 3D del edificio y toda su información mediante una secuencia de órdenes que dictan la forma que este tendrá y posteriormente el software lo representará mediante gráficos 3D, el modelado algorítmico depende en su mayoría de la entrada de información y parámetros dictados por el diseñador y es un procedimiento que se considera muy parecido a la programación pero gracias a softwares de modelado algorítmico como Grasshopper este lenguaje de programación se presenta de una forma más visual mediante nodos y conexiones que dictan los parámetros para la construcción del modelo 3D.

“lenguajes de programación visual VPL (programación para no programadores)”
(Larrondo Lizarraga, 2017)

“El modelado algorítmico creado con VPLs trabaja sobre el propio proceso de definición del modelado, sobre su estructuración y secuenciación de órdenes de

diseño y no sobre un modelo concreto para obtener su terminación, resultado final o visualización final. En un modelado algorítmico con VPLs la estructura del algoritmo y su secuenciación es lo esencial y queda explicitada y guionizada de forma gráfica, con todas sus órdenes secuenciadas en el propio algoritmo. La ejecución del programa gráfico o script es planteada de forma abierta y relacionada automáticamente con los datos de las variables introducidas en los algoritmos. Por eso el resultado es un proceso asociado a una combinación de variables por tanto las soluciones son múltiples y cambiantes como sus parámetros. Para modificar la modelo solo basta modificar los parámetros de definición incluidos en los algoritmos y el modelo es regenerado automáticamente porque contiene todas las órdenes de diseño, programadas y secuenciadas, encaminadas a su generación 3D” (Larrondo Lizarraga, 2017)

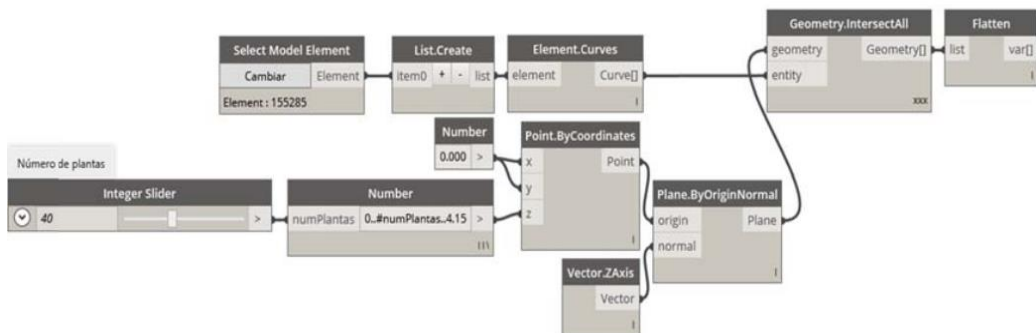


Gráfico: Sript de programación gráfica con nodos, algoritmo

Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

Para la generación del modelado algorítmico de la torre Swiss Re se empieza por el contorno de edificio, para esto se usa una línea que sirve como punto de arranque del cual dependerán todos los parámetros que se ingresaran posteriormente, uno de los primeros parámetros introducidos es la rotación de la línea sobre su propio eje vertical para formar la volumetría del edificio y también se define las alturas de sus pisos para formar las respectivas losas que los forman.

“Lo que se pretende conseguir es que únicamente con esa curva spline de contorno de la torre, dibujada desde el software de modelado, quede vinculada al editor gráfico de algoritmos y desde él desarrollar el resto del proceso generativo de la torre (con la introducción de los algoritmos correspondientes) para que todos los elementos de definición restantes de la torre sean dependientes de esa línea.” (Larrondo Lizarraga, 2017)

De esta forma posteriormente si se modifica la línea con la cual se ha comenzado el proyecto los parámetros asociados a ella se modificarán automáticamente para encajar, gracias a esto se pueden realizar modificaciones y experimentar con la forma del edificio de una manera sencilla y visual. Adicionalmente de los volúmenes creados mediante los algoritmos se puede extraer datos útiles como el volumen, las áreas, perímetros, etc.

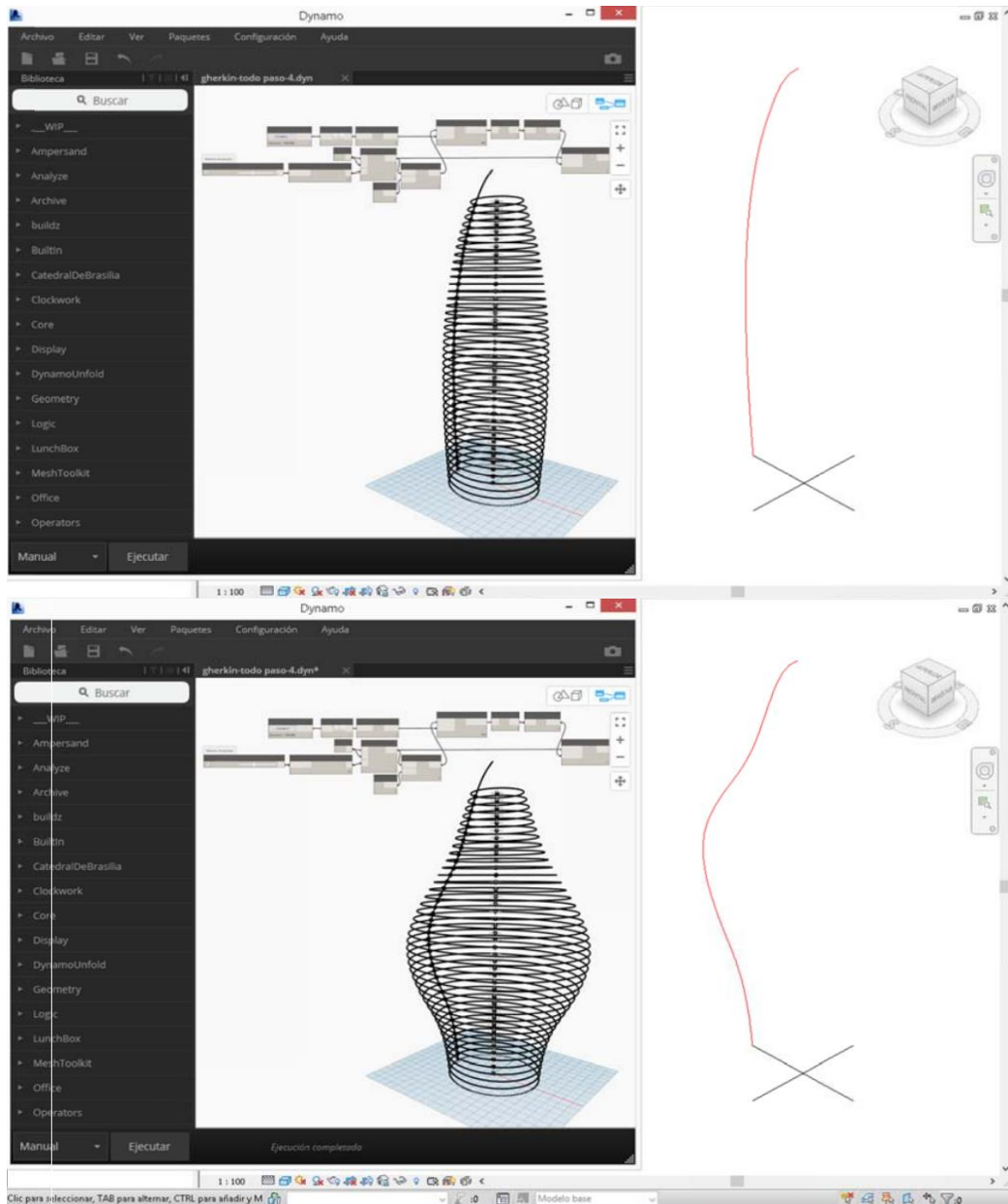


Gráfico: Swiss Re Línea de contorno del edificio y su efecto en el algoritmo
 Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

Posteriormente para la creación de la malla estructural se agrega al algoritmo una función que a lo largo del perímetro de cada piso se distribuyan 18 puntos en partes iguales, luego cada piso es rotado a 5° con respecto al anterior y se crea una malla vertical que sigue los puntos colocados en cada piso para obtener como resultado la malla estructural diagonal, esta malla estructural está ligada a la línea de perfil del edificio utilizada al principio del algoritmo por lo cual si esta cambia de forma toda la malla seguirá adaptándose a su forma.

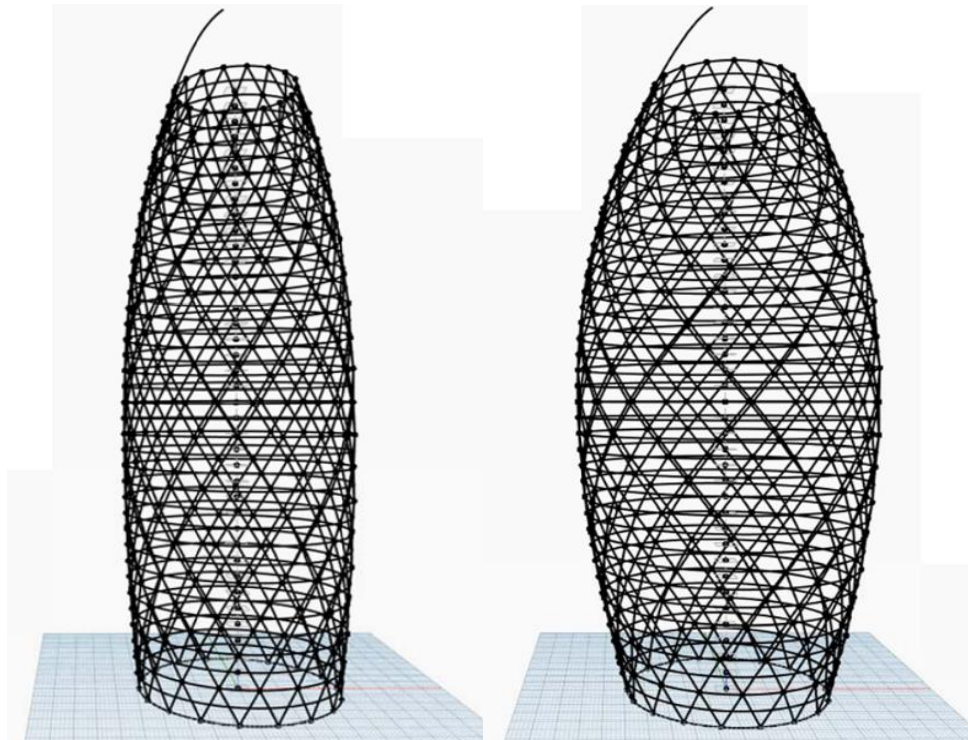


Gráfico: Swiss Re malla estructural

Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

Usando la malla estructural como marco se definen en que puntos se colocaran columnas o elementos estructurales y en qué puntos no, cada piso tiene una rotación de 5° pero las columnas diagonales abarcan 2 pisos enteros.

“En este caso las líneas diagonales unirán puntos de división de circunferencias, pero no de plantas consecutivas como puede verse en la figura, sino de puntos cada dos plantas. Eso significa que en entre esas plantas hay un giro de 10° . Esta particularidad obliga a que el algoritmo de selección no elija todas las plantas sino solamente de ellas las impares.” (Larrondo Lizarraga, 2017)

Estas líneas diagonales generadas por el algoritmo luego serán convertidas en elementos estructurales detallados con sus respectivos perfiles los cuales pueden ser modificados en grosor y posición mediante el mismo algoritmo.

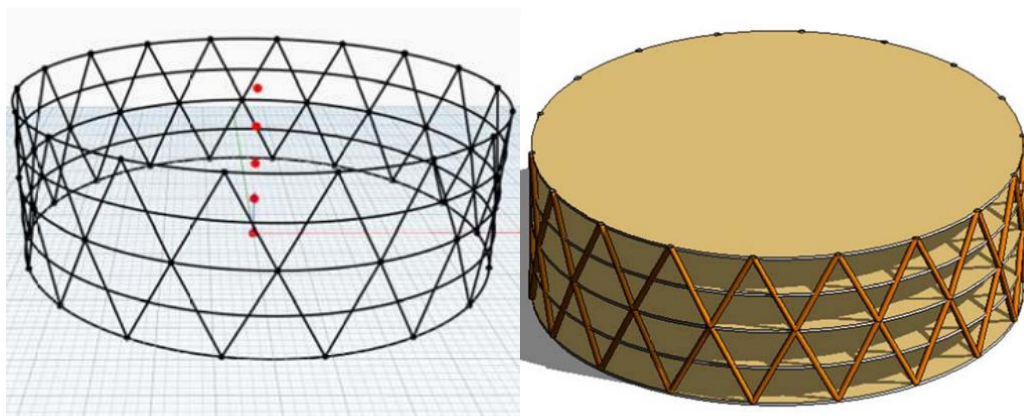


Gráfico: Swiss Re Estructura

Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM : modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

Para la envolvente de cristal del edificio se usaron paneles adaptativos creados previamente en un software de modelado, estos paneles son colocados automáticamente por el algoritmo sobre la grilla diagonal que forma la estructura adaptándose a la forma y creando el sin número de ventanas de las cuales se construye la envolvente acristalada del edificio.

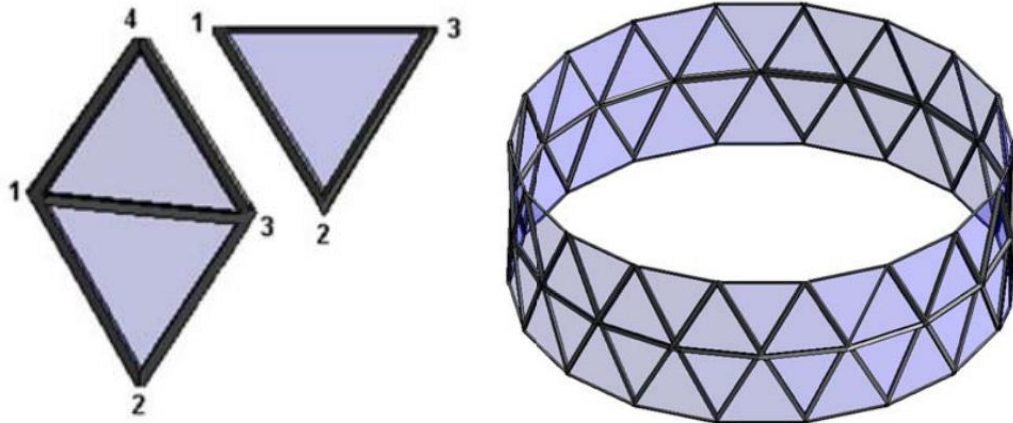


Gráfico: Swiss Re Ventanas

Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

Al final de todo este proceso se obtiene un elemento arquitectónico compuesto tanto de pisos, estructura, ventanas, etc. Todos correlacionados entre sí y dependientes del elemento inicial con el cual se diseñó el algoritmo la línea de perfil del edificio, gracias a esto cambiar la forma del edificio y hacer ajustes en dimensiones no es una tarea aislada, al contrario, sus elementos se modifican y acoplan entre si al generar cambios en el perfil del edificio.

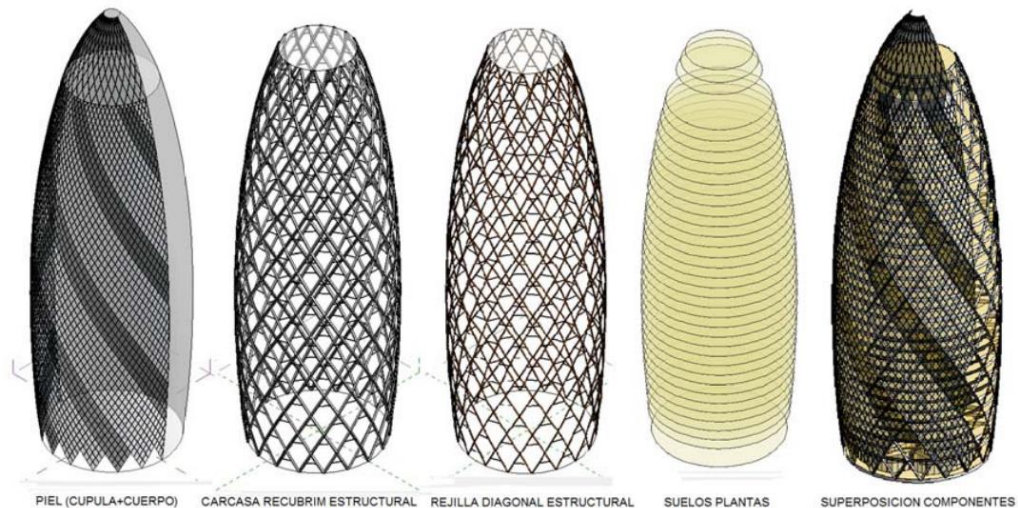


Gráfico: Swiss Re elementos que forman el volumen en BIM

Fuente: Larrondo Lizarraga, A. (2017). Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

2.3.2. Técnicas / software/procesos

El método de modelado BIM utilizado para recrear la torre Swiss Re fue el modelado algorítmico una técnica avanzada que usa un lenguaje de programación gráfica para dictar parámetros específicos que el edificio debe seguir para generar su geometría, en este caso mediante el uso del software BIM Revit y otros programas y plug-ins externos.

El algoritmo usado mediante una interfaz de programación gráfica se modifica mediante nodos que se interrelacionan entre sí dictando los parámetros de las diferentes características del edificio, en este caso de estudio estos parámetros dictan los aspectos formales y estructurales del edificio y su envolvente.

2.3.3. Finalidad / uso en el mercado o educación

La principal ventaja al usar este tipo de modelado BIM mediante algoritmos es la estrecha interrelación entre las diferentes partes de modelado del edificio, realizar cambios en una de las características del edificio no implica modificar gráficamente sus volúmenes 3D si no modificar la programación del algoritmo que como consecuencia actualiza los cambios en todo el edificio, de esta forma ahorrando tiempo, evitando incongruencias y permitiendo una experimentación flexible con la forma arquitectónica del edificio.

Y el modelado mediante algoritmos al ser compatible con software BIM como Revit o Archicad también permite la recolección de datos de las geometrías generadas, tanto volúmenes como metrajés y áreas, o también la creación de documentación arquitectónica como planimetría o presupuestación de materiales.

2.4. Referente de entorno 3D – 2

2.4.1. Entorno virtual de la Catedral de Palermo

La catedral de Palermo es una iglesia perteneciente a la arquidiócesis de Palermo, fue construida en la edad media específicamente en 1185 pero a lo largo de los siglos ha sufrido varias modificaciones y renovaciones que han alterado su estilo arquitectónico, la renovación más profunda fue realizada en el siglo XVIII y como resultado perdió muchas de sus características medievales, en este caso de estudio se intenta reconstruir mediante realidad virtual tanto el estado actual de la catedral como el estado anterior a la reforma del siglo XVIII para permitir el recorrido virtual e interactivo de espectadores en su interior.



Gráfico: Catedral de Palermo

Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

El primer paso para lograr este objetivo es el escaneo 3D completo de todo el interior de la catedral de Palermo, este procedimiento denominado escaneo laser permite recolectar una nube de puntos que representan y miden la topografía o volumetría del objeto escaneado, con esta referencia del estado actual de la catedral se procede a realizar una Investigación de documentos antiguos que describan las características formales de la catedral antes de la renovación del siglo XVIII con el propósito de crear tanto el modelo posterior a la renovación como el modelo anterior a ella.



Gráfico: Catedral de Palermo – Escaneo láser y Nube de puntos

Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

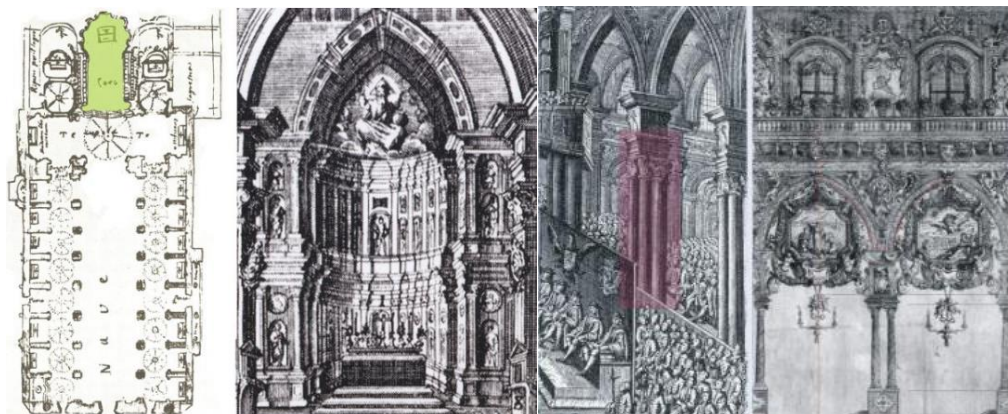


Gráfico: Catedral de Palermo – Documentación antigua

Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Una vez obtenida la información necesaria para la reconstrucción de la catedral se procede a modelar el entorno 3D en el programa 3D MAX, este proceso consiste en la optimización del modelo para la su posterior exportación a un motor de renderizado, la nube de puntos obtenida mediante el escaneo láser no es óptima para esto por lo cual tiene que ser optimizada en polígonos más sencillos.

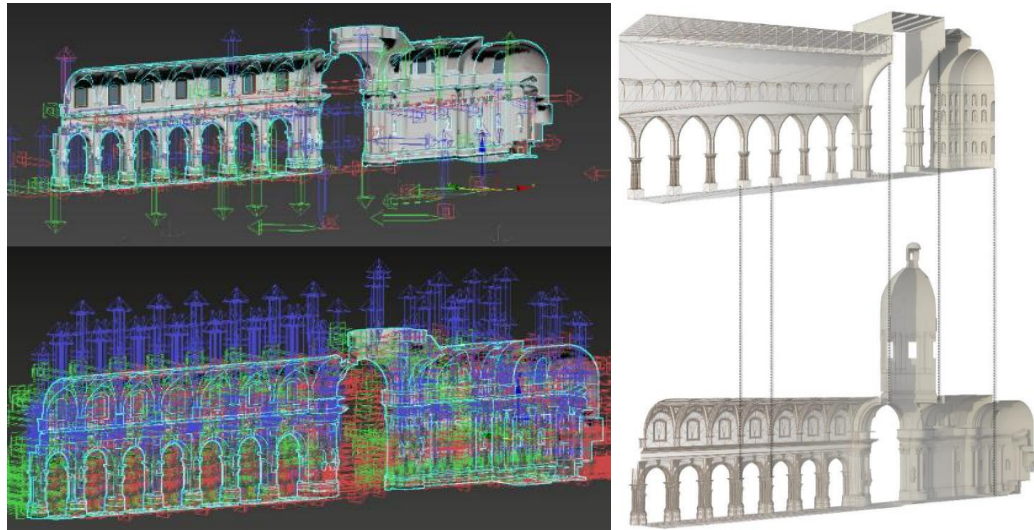


Gráfico: Catedral de Palermo – 3D en 3D Max

Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Luego del modelado del espacio y optimizada la malla de la geometría se procede a crear los mapas de UV cuyo propósito es definir la posición y escala de la textura y color que tendrá la superficie del objeto, así como la creación de mapas de luz para definir la resolución de luces y sombras en el motor de renderizado.

“Las geometrías fueron mejoradas (Usando las herramientas de selección y modificación de las mallas editables) y la fijación de las caras relativas a cada elemento fueron resueltas, esto permite que el texturizado sea realizado de una manera más apropiada. Este proceso envolvió el uso de dos diferentes modificadores: UVW Map para el mapeo de UV y Unwrap UVW para la creación de mapas de luz.” (Agnello, Avella and Agnello, 2019)

Antes de la importación de la geometría desde 3D max a un motor de render es preciso especificar las escalas, dirección y puntos de origen de los volúmenes a importar para que de esta forma todos encajen fácilmente durante la exportación e importación, en este caso el proyecto fue importado a Unreal Engine un motor de juego

“Este Software esta expandido internacionalmente para la creación de video juegos, realidades interactivas y programas de simulación, y también por el hecho de que puede publicar y exportar a un gran número de plataformas. Adicionalmente integra administradores de simulaciones físicas y colisiones y un motor de audio, para desarrollar el proyecto en todos sus aspectos usando un solo programa, en Unreal Engine el renderizado de las escenas, que se caracterizan por una gran cantidad de datos, ocurre en tiempo real” (Agnello, Avella and Agnello, 2019)

Una vez importado el modelo a Unreal el siguiente paso en este proyecto fue la configuración de las luces, el software cuenta con varias opciones y configuraciones para el manejo de la iluminación en tiempo real.

“Directional Light (Simulando la luz solar), Skylight (luz difusa propagada, incluso en el mundo real, por el cielo), Atmospheric Fog (un sistema de partículas que simulan neblina, esto permite recrear las luces de manera más realista), y Sphere Reflection capture (nativo de Unreal, colocado con precisión en la escena para “capturar” los alrededores y enviar la información a todas las superficies reflectantes presentes)” (Agnello, Avella and Agnello, 2019)

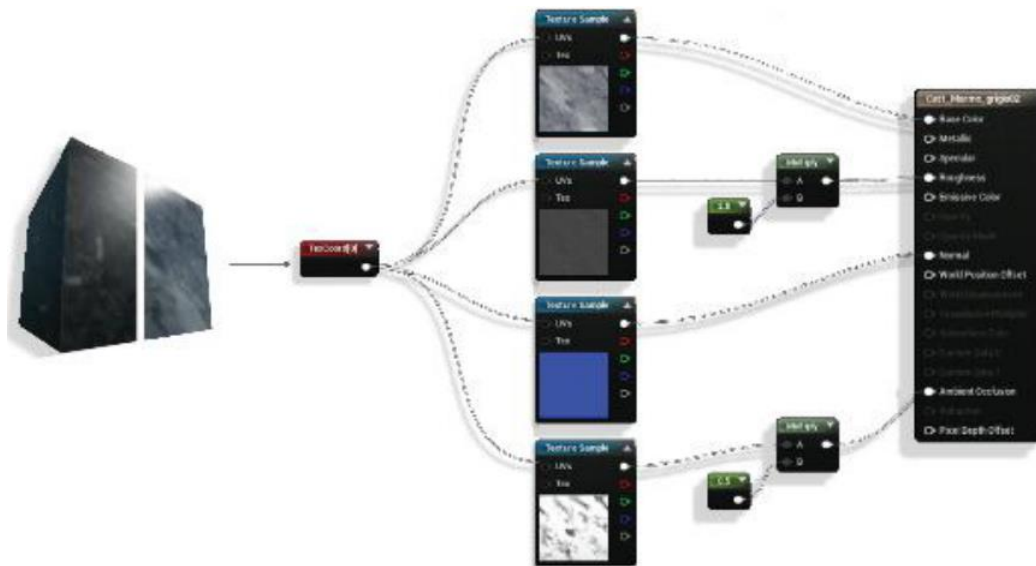


Gráfico: Catedral de Palermo – Nodos para texturas

Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Adicionalmente a estas opciones también se agregó 2 volúmenes especiales, Lightmass Importance Volumen que mejora el cálculo de luces dentro de su rango, y el Post Process Volumen que permite realizar varias configuraciones y correcciones de color, saturación, oclusión ambiental, profundidad de campo, etc, dentro de su rango, luego de terminar las configuraciones de luz se creó y añadió los materiales y texturas a los volúmenes que conforma el espacio, para esto se usaron imágenes de texturas de 1024 x 1024 pixeles con sus respectivos canales: Difuso, normal, aspereza y Oclusión ambiental, que definen las características realistas de las superficies como su color, su textura y su reflectividad.

Al terminar todo lo concerniente a la estética y visualización del espacio se tenía que lograr que este fuera navegable e interactivo. Para esto se hizo uso del sistema de programación nativo de Unreal Engine, los Blueprints.

“Cada Blueprint Consiste de nodos que pueden recibir Input, aplicar operaciones y funciones y enviar sus Outputs a otros nodos, creando un complejo sistema de relaciones que permite definir comportamientos de objetos en el escenario en relación a algún evento que esté ocurriendo (como un click del ratón o una tecla presionada en el teclado).” (Agnello, Avella and Agnello, 2019)

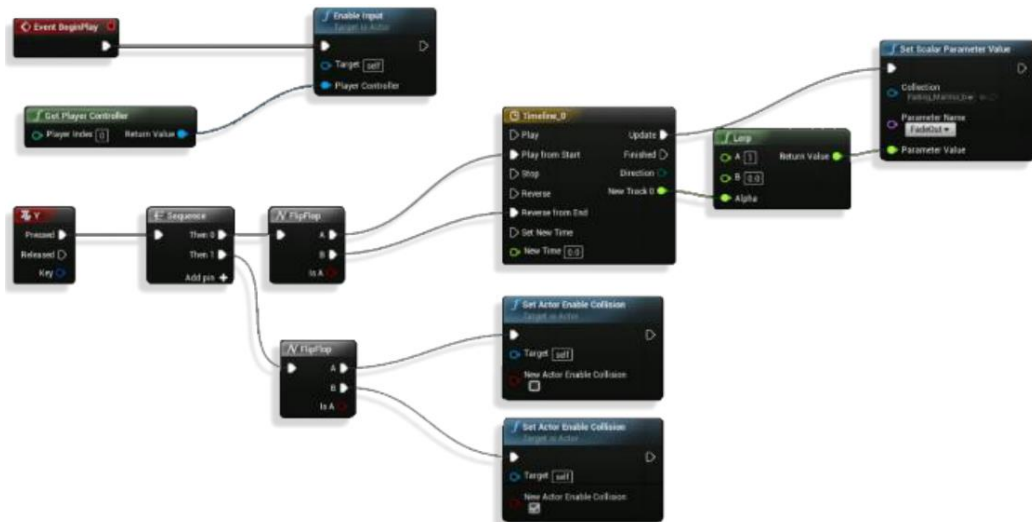


Gráfico: Catedral de Palermo – Nodos de programación en el Blueprint
 Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Mediante este sistema de programación se asignan los botones y el movimiento al cursor para que el usuario pueda moverlo libremente, también se bloquea la cámara a la altura del ojo humano para que el usuario experimente el espacio en la escala correcta, a parte de la programación del movimiento del usuario también se programaron varias opciones interactivas informativas, entre ellas se encuentran: la tecla “w” asignada a un menú que lleva a una página web externa, Un libro sobre un pedestal que al aproximarse brilla más y al interactuar con el muestra información de la catedral, la tecla “c” asignada a cambiar entre el modelo actual y el anterior a la reforma del siglo XVIII, e interfaces para examinar diferentes estatuas u objetos importantes de la catedral que se activan por proximidad. Por último, se utilizó la opción de “niveles de detalle” para optimizar el uso de memoria del dispositivo, esta opción reduce la cantidad de polígonos mientras más distanciados de la cámara de encuentren.



Gráfico: Catedral de Palermo – Interfaz menú de información
 Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Aplicando todas estas técnicas los autores de este proyecto logran crear un entorno virtual interactivo que atrae la atención del usuario el cual una vez dentro puede explorar a su antojo el lugar e interactuar con los diferentes objetos que despliegan menús con información importante sobre la catedral, o informan al usuario de acciones que puede tomar como el cambiar entre el modelo antiguo y el nuevo, o dirigirse a una página web externa en búsqueda de más información.



Gráfico: Catedral de Palermo –Entorno virtual antes y después de la reforma
Fuente: Agnello, F. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

2.4.2. Técnicas / software/procesos

Las Principales técnicas usadas en este proyecto fueron: El escaneo láser para la obtención de una nube de puntos que equivale a una representación tridimensional del espacio escaneado, esta técnica se usó tanto para el espacio arquitectónico como para las estatuas y decoraciones de la catedral de Palermo, posteriormente para refinar y optimizar la nube de puntos se remodeló a base de polígonos con menores vértices los mismos volúmenes escaneados.

Se utilizó el programa 3D max para el modelado de la volumetría y la creación de mapas de UV que permiten posteriormente agregar texturas y mapas de luz.

Unreal Engine, un motor de videojuegos ampliamente utilizado en la industria, se utilizó para cargar la geometría y renderizarla en tiempo real permitiendo de esta forma una experimentación continua del espacio

Se aplicaron herramientas de manipulación de luces y generadores de partículas, junto con texturas realistas en la volumetría para alcanzar un alto nivel de realismo en el espacio.

Se utilizaron las herramientas de programación dentro de Unreal Engine, Los Blueprints, para programar acciones interactivas con el usuario tal y como son la capacidad de moverse a través del espacio y al interactuar con elementos de este obtener información de importancia.

2.4.3. Finalidad / uso en el mercado o educación

El objetivo final de este proyecto es la representación fiel del espacio, tanto después como antes de la reforma del siglo XVIII, de una manera fácil para el

visitante, este entorno 3D no pretende reemplazar a la catedral real al contrario su objetivo es complementar la información y experiencias de una visita real, de igual manera la capacidad de acceder a este proyecto desde internet pretende animar a los usuarios visitar la catedral en persona.

“El objetivo no es reemplazar la experiencia real, si no integrarse a ella con datos y explicaciones que no están disponibles físicamente durante una visita, gracias al multi- canal de comunicación que, al contrario de la reconstrucción simbólica de un solo canal de comunicación (característica de los textos escritos), es más natural para el ser humano y mejora el entendimiento, aprendizaje y difusión del conocimiento” (Agnello, Avella and Agnello, 2019)

3. CAPÍTULO III / FORMULACIÓN DE LA ENCUESTA Y EL ESTUDIO DE CAMPO

3.1. Creación de maqueta y el modelo 3D para las encuestas

La Maqueta y el Entorno 3D que se utilizarán durante el desarrollo de las encuestas pertenecen a un proyecto no construido y de autoría propia. Este proyecto consiste en una plaza comercial de 2 pisos de altura proyectada para ser ubicada en la esquina de la intersección las calles AV. Real Audiencia y Porfirio Romero en la ciudad de Quito – Ecuador.

El proyecto cuenta con locales comerciales en Planta baja y Oficinas en primera planta, así como estacionamientos externos y una plaza central publica que sirve como espacio de reunión para la comunidad, sus principales características de diseño son las series de techumbres diagonales curvas que recorren toda la parte superior del proyecto y permiten tanto la recolección del agua de la lluvia como el paso de la iluminación natural a las oficinas de primera planta. El proyecto también destaca por el uso de madera como segundo color complementario a blanco en la decoración y la implementación de jardineras independientes para cada local.



Gráfico: planimetría y 3D en ArchiCAD
Fuente: Creación Propia

La información y archivos iniciales con los cuales se cuenta para empezar el desarrollo de la maqueta y el entorno 3D son: el archivo En formato Archicad cuyo software BIM nos proporciona la Planimetría e información completa del proyecto que incluye tanto planos como fachadas, cortes, detalles arquitectónicos, listado de materiales, y modelado 3D. toda esta información será utilizada para construir tanto la maqueta como el entorno 3D respectivamente

3.1.1. Creación de la Maqueta

La creación de la maqueta ha empezado por la definición de la escala con la cual sería construida, el objetivo de esta maqueta fue hacerla fácil de maniobrar y transportar pero que aún se pudieran apreciar sus espacios y detalles arquitectónicos son facilidad, por esta razón su tamaño es reducido a escala 1:75 abarcando en total un espacio de 70CM x 40CM y 15CM de alto que permite su fácil manipulación por una sola persona.

Los materiales que conforman la maqueta fueron seleccionados en lo posible de acuerdo a su similitud en textura y color a los materiales reales de construcción los cuales se conforman de Paredes Blancas representadas por cartón pancocoa Blanco, elementos decorativos de madera representados con madera de balsa, el tejado representado con cartón corrugado, las áreas exteriores como plazas y calles representadas con Cartón Gris, ventanas y superficies transparentes construidas con láminas acrílicas, y para representar texturas más específicas como los tablonces del piso se usaron impresiones en papel con las imágenes de la textura correspondiente.



Gráfico: Cortes y materiales de maqueta

Fuente: Creación Propia

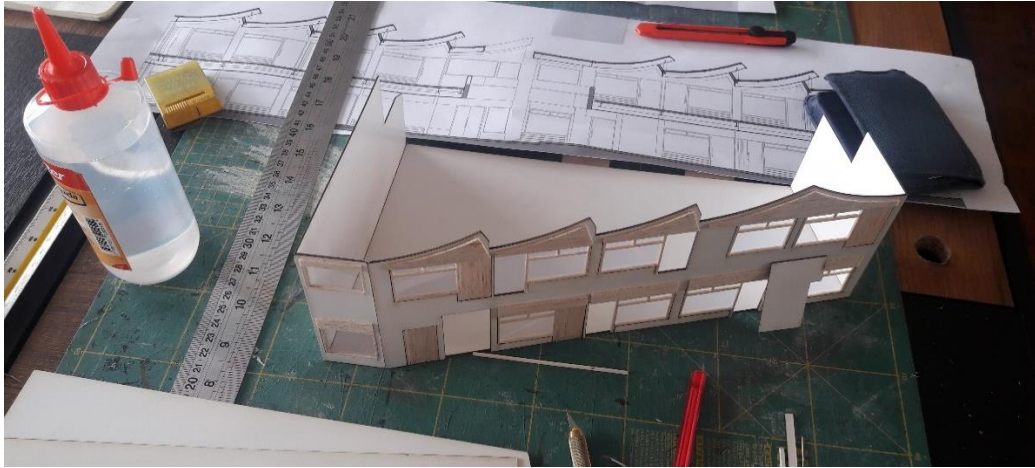


Gráfico: Cortes y materiales de maqueta
Fuente: Creación Propia

Para armar la maqueta de manera sencilla se utilizó la herramienta de corte láser mediante el cual en un documento digital previo se especificaron los planos de corte y la escala en la cual la máquina cortaría, en este caso los cortes fueron realizados solamente en el material de cartón pancocoa blanco, solamente fueron cortadas las Paredes y lozas de entrepiso que formaban la estructura principal para la maqueta.

Para facilitar el armado y pegado de las piezas resultantes del corte láser se imprimieron los planos respectivos de planta baja, primera planta, plano de techos y las 4 fachadas a escala 1:75, esta planimetría fue de gran ayuda al momento de organiza y armar las piezas resultantes del corte láser pero también contaban con la función de visualizar los detalles arquitectónicos que posteriormente serían cortados y pegados a mano.



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

La fachada del proyecto cuenta con decoración en madera para lo cual se usó madera de balsa, pero el color natural de este material es demasiado claro y la madera del proyecto tiene un tono más oscuro y saturado, para lograr este efecto la madera de balsa fue cortada, colocada sobre la fachada y posteriormente pintada a mano con pintura a base de aceite, las propiedades físicas de la madera de balsa absorben fácilmente la pintura mientras que la superficie liza del cartón pancocoa y el plástico acrílico de las ventanas no absorben la pintura, gracias a esto el proceso de pintado se facilita y las manchas se mantienen al mínimo.



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

Una vez colocadas y pintadas las piezas de madera el siguiente paso fue la impresión y pegado de las texturas de piso y techo que simulaban los tablonces de madera que recubrían estas superficies, terminado esto se procedió a armar todo el edificio excepto por los techos cuya inclinación y curvatura resultó ser un reto que requirió de mayor tiempo y esfuerzo.

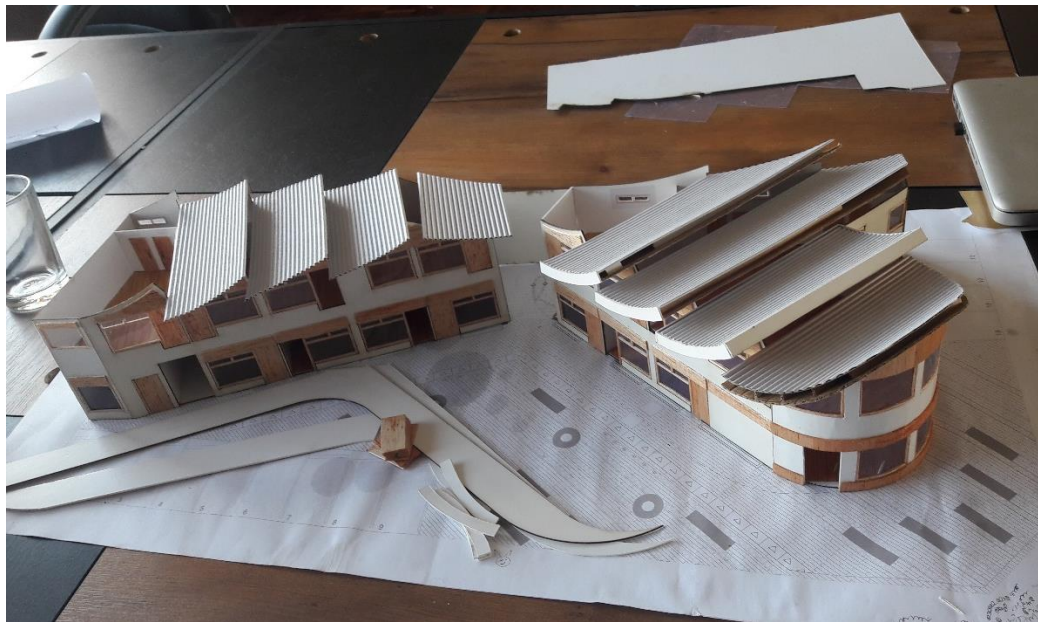


Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

Para la construcción de los techos inclinados se creó una plantilla de papel con la cual posteriormente se cortó el cartón corrugado, esta plantilla se creó para cada una de las posiciones que requería el techo ya que cada uno variaba en cuanto a su largo y su Angulo de corte, el grosor de los techos se simuló con cartones corrugados superpuestos en capas, los bordes del techo fueron cortados y pegados en cartón pancacoa, y el paso final para la finalización de los techos fue pegar la textura de madera en su superficie inferior y colocar cada uno en su posición sobre el edificio.



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

La plaza del proyecto cuenta con dos elevaciones simuladas por el grosor del cartón y está compuesta principalmente de tres tipos de adoquín los cuales fueron impresos en papel y posteriormente pegados en las posiciones adecuadas las cuales son, el pasillo inferior de la plaza comercial, la rampa del pasillo, la zona exterior de la plaza que contiene dos tipos de adoquines ordenados en rayas, los parqueaderos y las veredas de la calle. Sobre estas texturas se colocaron los elementos decorativos de la plaza como los bancos, jardineras, topes y límites de los estacionamientos.

Finalmente se colocó vegetación compuesta de arbustos y cuatro palmeras grandes construidas con alambre, cuerda y papel pintados con acuarelas para simular los colores del tronco y las hojas.



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

La maqueta finalizada será presentada en condiciones de iluminación óptima y será accesible visualmente por todos sus ángulos para que el espectador sea capaz de apreciar correctamente las formas y los espacios representados.

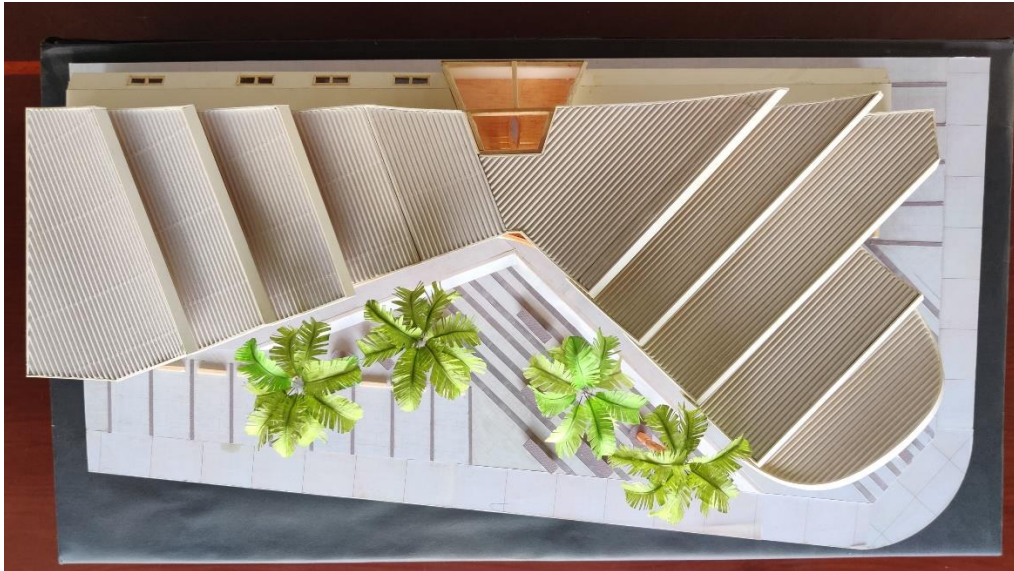


Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia



Gráfico: Proceso de elaboración de maqueta
Fuente: Creación Propia

3.1.2. Creación del Entorno 3D

El proceso de creación del entorno 3D ha comenzado con la definición del programa y motor de render que se empleará para representar el edificio en su totalidad. El software seleccionado ha sido el motor de render de Unreal Engine, esto se debe a que este software de render en tiempo real facilita la visualización tridimensional de la arquitectura, cuenta con herramientas que facilitan la configuración de la iluminación y detalles de los elementos, tiene herramientas para creación de texturas y materiales, facilita la navegación por los espacios, cuenta con herramientas de programación a través de nodos que permiten la configuración de eventos interactivos dentro del entorno, y posterior a la finalización del proyecto este puede ser empaquetado en una versión no editable para luego ser abierto desde cualquier ordenador dando más accesibilidad y menos confusión al usuario que lo visualizará posteriormente.

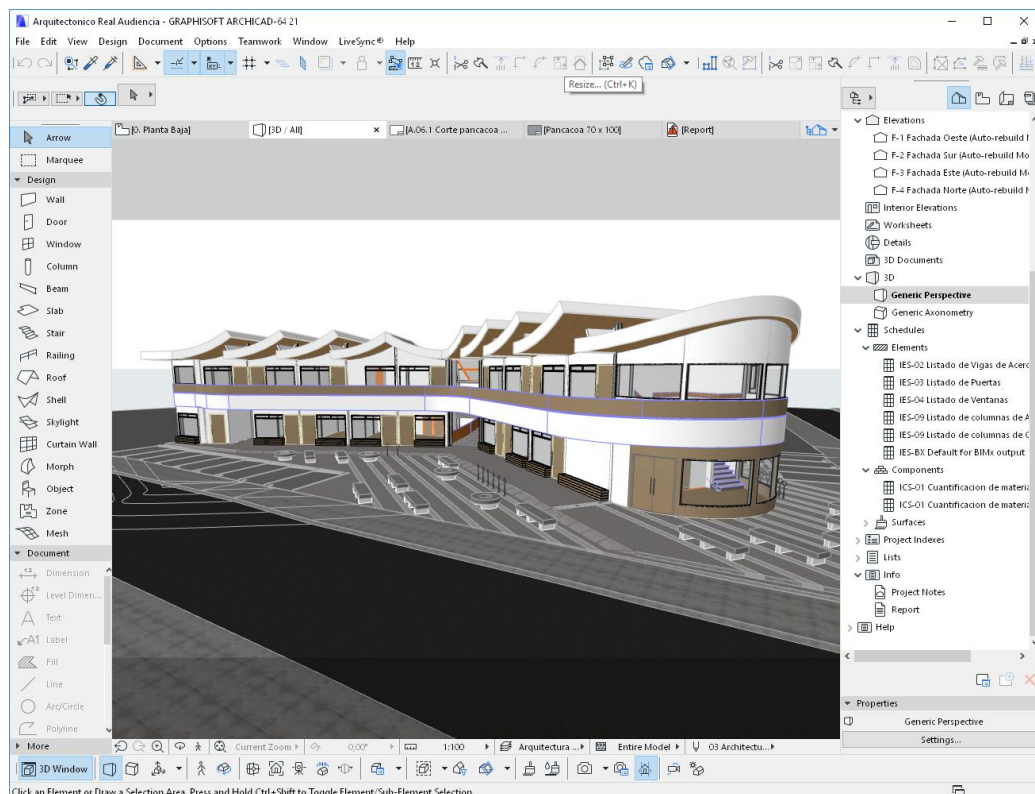


Gráfico: 3D en Archicad
Fuente: Creación Propia

El primer paso para empezar a armar el entorno 3D es conseguir el modelo detallado del edificio, afortunadamente el proyecto escogido fue diseñado en su totalidad en el software BIM de Archicad lo cual significa que a la par con la documentación planimétrica se recreó el ambiente también en tres dimensiones, solamente fué necesario extraer la información del modelado 3D, para esto Archicad nos permite exportar el modelo 3D en varios formatos, el formato de exportación elegido fue el .dae o COLLADA ya que fue el formato que exportó la geometría del edificio con menos errores, y adicionalmente exportó también las texturas de las superficies que serán de utilidad en el futuro, y los diferentes objetos separados por los materiales que usan.



Gráfico: 3D exportado de Archicad a Blender
Fuente: Creación Propia

Una vez obtenido el modelo 3D en formato .dae exportado desde Archicad, se importó el modelo al software de Blender, conocido por ser un software de modelado 3D gratuito. En esta primera importación simplemente se revisó rápidamente la geometría del proyecto, se eliminó geometría oculta como la estructura o los detalles internos de las paredes que no serían visualizadas nunca por el usuario con el fin de optimizar y aumentar la fluidez del motor de render de Unreal Engine, se exportó desde Blender en formato .fbx, escogido debido a que es el formato óptimo de importación para Unreal Engine.

Posteriormente se creó el archivo de Unreal Engine en el cual se desarrolló todo el entorno 3D. Al abrir el editor de Unreal Engine este presenta al diseñador con varias opciones y plantillas para comenzar un nuevo proyecto, estas opciones varían entre diferentes géneros de juegos de video como Plataformas, coches, tercera persona, primera persona, entre otros, la plantilla más beneficiosa para comenzar el proyecto es la de primera persona ya que viene con preconfiguraciones para el control del movimiento permitiendo ahorrar el tiempo y esfuerzo que conllevaría configurar estas funciones desde 0, y solamente resta quitar las funciones innecesarias como el arma de fuego y el proyectil que esta arma arroja. Dentro de este nuevo proyecto se creó un nuevo nivel donde se importó el archivo .fbx con el modelo 3D previamente exportado desde Blender.



Gráfico: 3D exportado de Blender a Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

Una vez importado el modelo dentro de Unreal Engine se hicieron pruebas para determinar la optimización del modelo 3D, identificar errores en la geometría y errores en la iluminación. Se ubicó toda la geometría dentro del nivel, se agregó rápidamente texturas ya existentes En el mismo programa y se configuró una iluminación simple, gracias a esto se pudo identificar varios problemas con la malla 3D del modelo, principalmente superficies superpuestas y elementos escondidos que tendrían que ser eliminados para una mejor visualización, también la falta de mapas de UV para iluminación producía errores en las sombras proyectadas de la iluminación, por lo cual se requería una mayor edición.

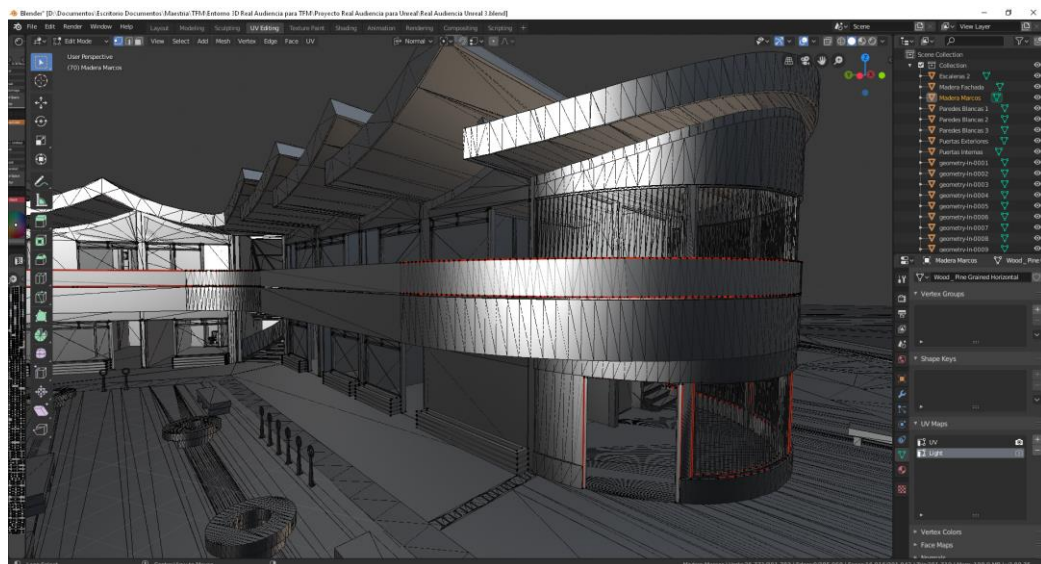


Gráfico: Edición de geometría en Blender
Fuente: Creación Propia

Con el conocimiento de los errores visualizados en la primera importación del modelo 3D a Unreal Engine se regresó a trabajar en Blender para optimizar la malla de la geometría y producir los mapas de UV tanto para material como para luces. El primer paso para optimizar el modelo fue buscar más exhaustivamente

y borrar todo elemento que no estuviera a la vista del espectador (elementos internos de paredes y lozas, estructura no vista, etc.) pero con esto no bastaba ya que algunos objetos generados por el software BIM de Archicad como superficies curvas y muebles interiores contaban con demasiados vértices para su tamaño, esto se resolvió utilizando la herramienta “Decimate” de Blender que reduce los vértices de la geometría seleccionada manteniendo su forma original en lo posible, también se eliminó planos superpuestos visibles. Que producían errores de iluminación.

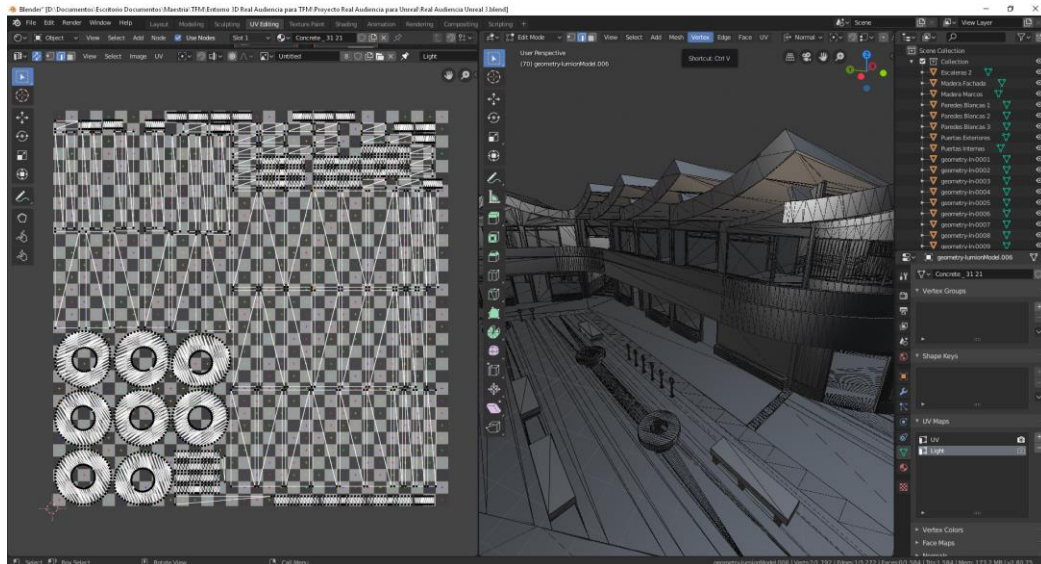


Gráfico: Creación de Mapas de UV en Blender
Fuente: Creación Propia

Posterior a optimizar la malla del modelo 3D, se crearon los mapas de UV con las herramientas de Blender, el software de Archicad ya genera mapas de UV para material y textura, pero estos se encuentran desordenados, superpuestos y fuera del lienzo, estos mapas funcionan para colocar materiales en Unreal Engine pero produce errores de iluminación cuando son usados como mapas de luz, debido a esto se escaló y reorganizo los mapas de UV para funcionar correctamente en Unreal Engine.

Sin duda el proceso de optimizar el modelo 3D para funcionar correctamente en Unreal Engine ha sido la parte que más ha tomado tiempo en la realización del entorno 3D, pero una vez completado se exportó el modelo en formato .fbx y se importó de nuevo a Unreal Engine sin problemas para continuar con los siguientes pasos.

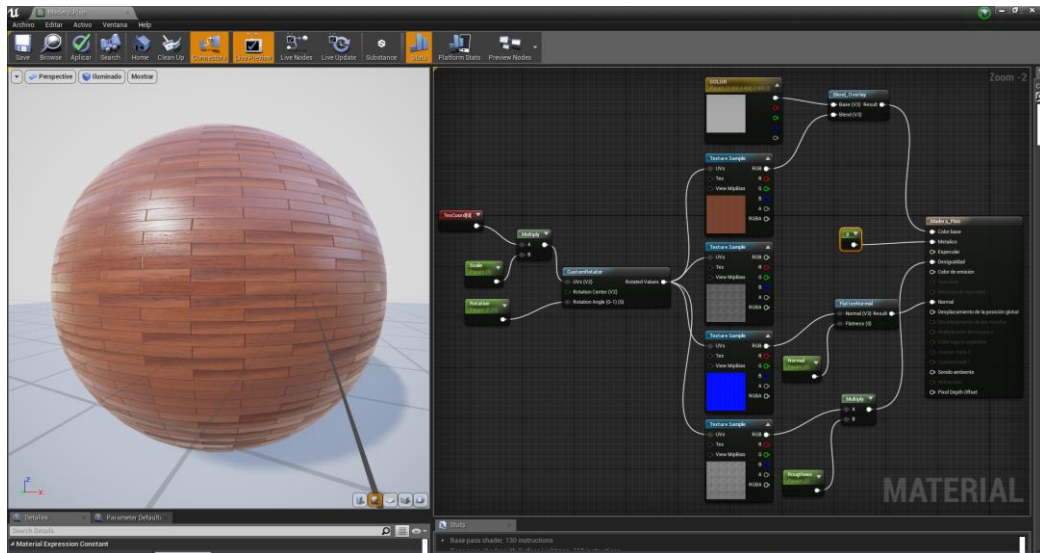


Gráfico: Creación de materiales en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

Una vez importado el modelo sin ningún tipo de errores se procedió a activar la colisión de las superficies para permitir al observador caminar por los espacios, y se comenzó a crear los materiales precisos de cada superficie del proyecto con las herramientas de Unreal Engine, para esto se utilizaron texturas en imagen descargadas de varios sitios en internet (Poligon o CC0Textures) que ofrecen texturas de alta calidad gratuitas para render y trabajos 3D que contienen las diferentes imágenes que conforman un buen material: Color, mapa de normales, mapa de aspereza, Mapa de oclusión, entre otros mapas que controlan las características físicas del material (aspereza, brillo, color, rugosidades, etc.) y dotan de un aspecto real a las superficies. Ensamblando estas imágenes se crearon los materiales madre en Unreal Engine, usando los nodos de la herramienta para crear materiales se configuraron parámetros dentro del material para modificar la escala, así como el color y sus demás características físicas en instancias del material madre que luego serían aplicadas a todas y cada una de las superficies. Se crearon diferentes materiales para madera, pisos, techos, pintura de paredes, asfalto, metal, pavimentos, vidrio y demás.



Gráfico: Materiales e iluminación aplicadas en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

Después de configurar y añadir los materiales a sus respectivas superficies, se configuró la iluminación en la cual se usó el Lightmass Importance Volume, un cubo que rodea todo el edificio para definir el área en el cual la iluminación será calculada, una Sky Sphere para simular el aspecto del cielo las nubes y su iluminación indirecta, se añadió iluminación global direccional del sol que produciría sombras definidas y se configuro toda la iluminación diagonalmente para simular un atardecer con el fin de que el observador pueda apreciar como la luz entra dentro del proyecto.

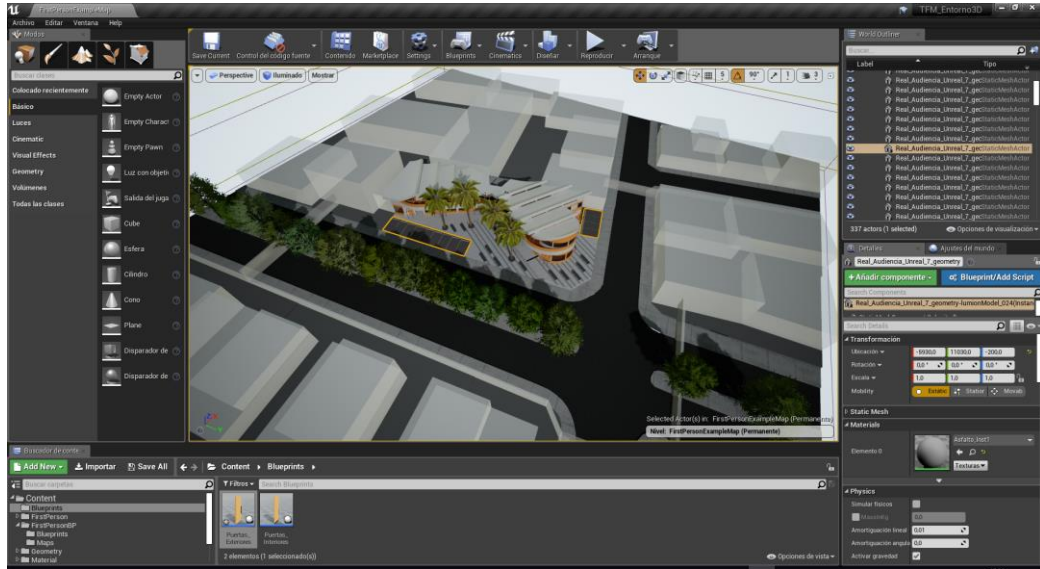


Gráfico: Alrededores y vegetación en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

Luego de terminar de configurar todo lo referente a la geometría del edificio se decidió detallar un poco los alrededores del lugar en el cual se encuentra implantado, se agregaron volúmenes rectangulares blancos semitransparentes que representan los edificios circundantes con el fin de no robar importancia al edificio principal, se agregaron barreras invisibles para evitar que el espectador salga del entorno preparado, y se añadió vegetación detallada en calles y macetas dentro del proyecto, esta vegetación se consiguió en el UE4 Marquetplace o en foros de Unreal donde usuarios vende o comparten assets o diferentes componentes para Unreal Engine que pueden ser fácilmente descargados e importados al proyecto.

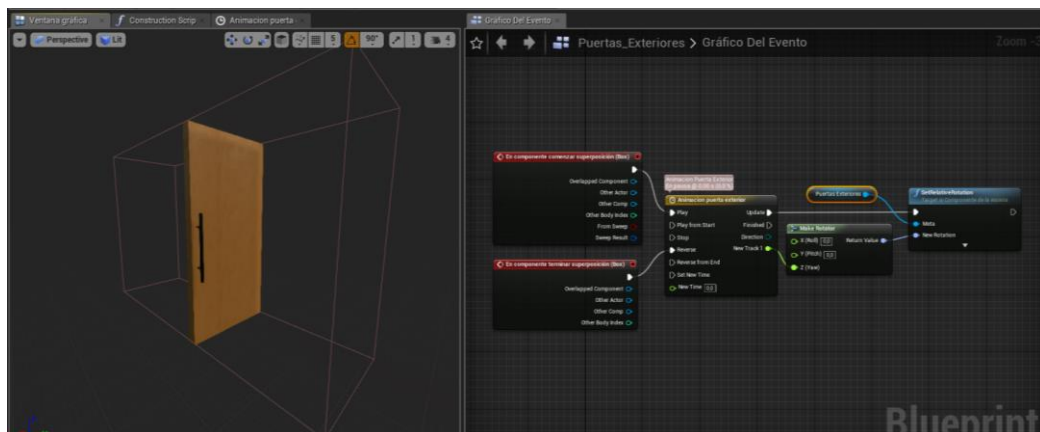


Gráfico: Blueprint de puerta en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

La últimas configuraciones que restaban para finalizar el entorno 3D tenían que ver con la interactividad y navegación por el proyecto, se configuró mediante Blueprints, un sistema de programación en Unreal Engine mediante nodos, las puertas del edificio para que se abrieran detectando la cercanía del visitante y no mediante el click o la activación de un botón debido a que esta acción puede ser difícil o distractoria para usuarios que no están acostumbrados a movilizarse en estos entornos. Para lograr esto se configuró en un Blueprint un modelo 3D de puerta colocando una caja de colisión que detectaría cuando el usuario se acerca o aleja, y rotaría la puerta 90 grados en su eje respectivamente, una vez configurado el Blueprint la puerta se copió y pegó en todos los lugares que la requerían, junto a esto también que configuró una puerta deslizante para los ambientes interiores.

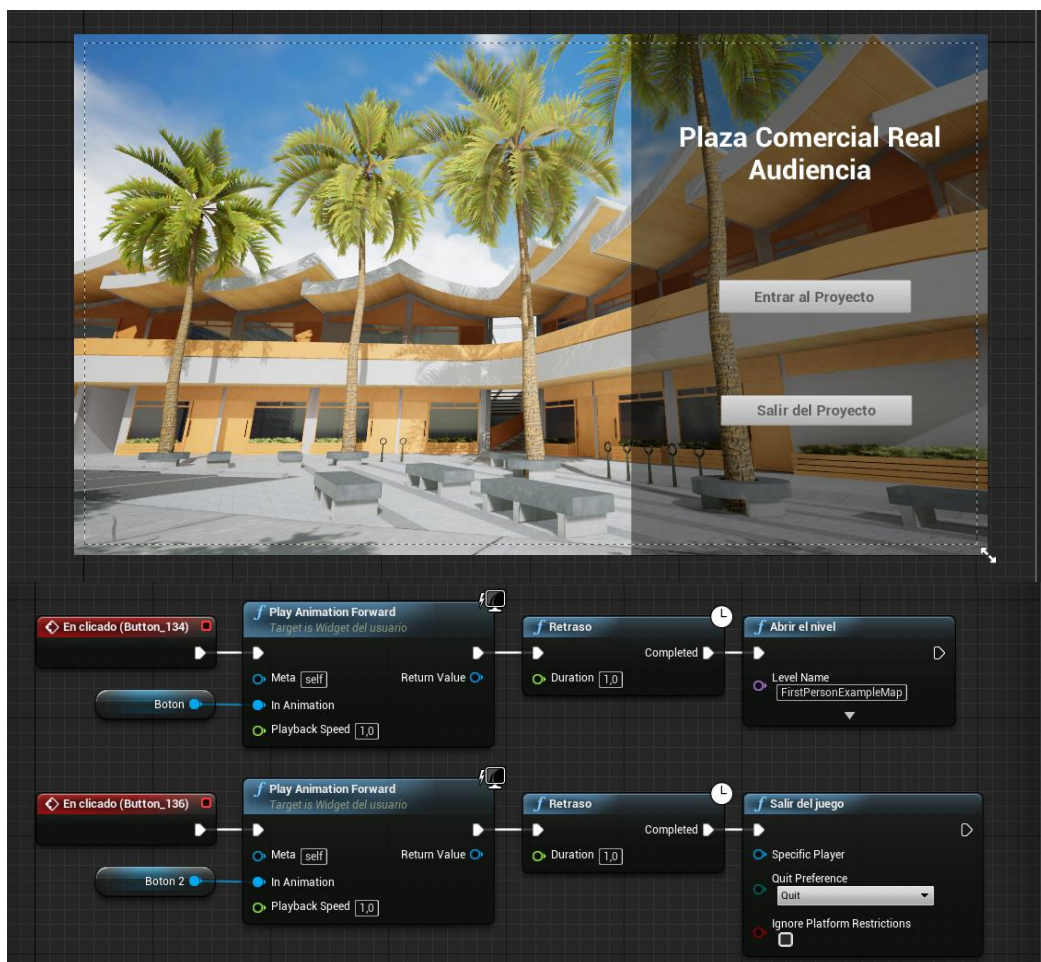


Gráfico: Widget del menú de inicio en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

Por último, se configuró un menú principal que será visualizado cuando el proyecto sea abierto, este menú consiste de un widget con una previsualización del proyecto y dos botones que permiten empezar la navegación del entorno y salir del proyecto, adicionalmente se configuró la tecla “P” para salir al menú principal y poder cerrar el proyecto cómodamente. Una vez configurado y terminado todo el trabajo, se empaquetó el proyecto y se lo guardó en un archivo digital para poder abrirlo y visualizarlo fácilmente.



Gráfico: Recorrido del proyecto en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia



Gráfico: Recorrido del proyecto en Unreal Engine
Fuente: Creación Propia

3.2. Formulación de la encuesta

3.2.1. Método Kansei para evaluación de productos

Para evaluar las características y cualidades implícitas de una maqueta, así como de un entorno 3D y también comparar sus ventajas y desventajas se utilizará el método de recolección de información mediante encuestas, tanto a individuos ajenos al campo de la arquitectura como a estudiantes y profesionales arquitectos, para lo cual se ha decidido tomar el modelo de Ingeniería Kansei como referente y guía para la creación de los parámetros de la encuesta.

La ingeniería Kansei es una herramienta ampliamente usada en el diseño industrial y comercial de productos, su aplicación implica la investigación de los sentimientos o impresiones subjetivas que un usuario experimenta al utilizar un producto, y pretende interrelacionar estas impresiones subjetivas con características concretas del producto para que de esta manera se pueda identificar los sentimientos concretos que estas evocan pudiendo mejorar la experiencia del usuario mediante el diseño de mejores productos con la información recopilada.

“Inspirado por el trabajo de Nagamachi (1995^a), Schütte explica la ingeniería Kansei directamente como un método para traducir el Kansei del usuario (también descrito como las “impresiones subjetivas del usuario”) al diseño. Este método involucra una serie de pasos que determinan un dominio, estructurando un espacio Kansei en el cual los Kansei del usuario pueden ser medidos y analizados. Y interrelacionados con detalles del producto... De esta manera la ingeniería Kansei es un método que pretende alinear los elementos de diseño en relación con el Kansei del usuario para determinar y evaluar nuevas opciones de diseño” (Pierre, 2013)

3.2.2. Objetivos de la encuesta.

Los principios de la Ingeniería Kansei serán aplicados en esta investigación con el fin de determinar las sensaciones que los usuarios presentan al experimentar los espacios arquitectónicos mediante el uso de la maqueta y el entorno 3D, encontrando las características inherentes a estos 2 métodos de representación arquitectónica, evaluando las reacciones del observador a ellas y posteriormente comparando los resultados de ambas técnicas

En primer lugar, se identificarán las características más importantes que los 2 métodos de representación arquitectónica comparten al momento de presentarse ante un espectador.

Posteriormente el observador calificará, a criterio personal cada una de las características anteriormente establecidas en una encuesta respondiendo la pregunta “en qué medida las siguientes características se aprecian en la Maqueta/Entorno 3D?”, y sus respuestas serán organizadas otorgando calificaciones en una escala establecida del 0 al 4 presentada con conceptos fáciles de comprender: “Muy mal”, “mal”, “neutro”, “bien” y “Muy bien”

Por último, se realizará una encuesta comparativa en la cual el observador calificará las mismas características anteriores, pero definiendo específicamente en que método de representación arquitectónica (maqueta o Entorno 3D) se ejemplifica mejor, para esto en vez de utilizar la escala de calificación establecida

anteriormente se utilizará una nueva escala que se conforma de los términos “Mucho mejor en Maqueta”, “Mejor en Maqueta”, “Iguales”, “mejor en 3D” y “Mucho Mejor en 3D”

3.2.3. Formulación de las preguntas.

La primera sección de la encuesta recolectara información general del encuestado que permitirá establecer paralelos entre los diferentes tipos de personas encuestada y sus respectivas respuestas, la información que se solicitara al encuestado de forma anónima será:

- Género
- Edad
- Estudios / Nivel académico
- Profesión
- Experiencia Maqueta
- Experiencia Entorno 3D

La segunda sección de la encuesta solicitará al encuestado calificar a su criterio cada una de las características que presentan tanto la maqueta como el entorno 3D en una escala definida. Las características a calificar son:

- Forma
- Escala
- Color
- Material
- Iluminación
- Vegetación (el modelo no cuenta con vegetación)
- Recorrido
- Función
- Realismo / Precisión
- Curiosidad / Impresión
- Comodidad / Facilidad / Maniobrabilidad
- Profesionalidad
- Originalidad
- Complicada
- Tiempo

Para la calificación de cada una de estas características se le facilitará al usuario un formato de respuestas en escala de Likert con 5 posibles respuestas de negativo a positivo de las cuales solo podrá escoger una, el formato de las respuestas puede cambiar dependiendo de la característica a calificar, pero en su mayoría será como se grafica a continuación.

Muy mal	Mal	Neutro	Bien	Muy bien
---------	-----	--------	------	----------

Para la posterior encuesta comparativa esta escala será reemplazada por una escala comparativa, pero manteniendo las 5 posibles respuestas

Mucho mejor en Maqueta	Mejor en Maqueta	Igual	Mejor en 3D	Mucho mejor en 3D
------------------------	------------------	-------	-------------	-------------------

3.2.4. Público objetivo / lugar donde se realizará la recolección de datos.

Los encuestados serán divididos en 2 grupos que se caracterizan por su afinidad al campo de la arquitectura y la construcción, en primer lugar, personas comunes, estudiantes o profesionales que no cuentan con carreras afines a la arquitectura, y en segundo lugar estudiantes y profesionales arquitectos o ingenieros que se encuentran envueltos en el campo de la arquitectura.

3.3. Encuestas / estudio de campo

Las encuestas fueron realizadas en dos universidades de la ciudad de Quito en Ecuador. Primero la Universidad Central del Ecuador y luego la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en estas instituciones los encuestados fueron alumnos que cursaban el preuniversitario, Arquitectura, Teatro, arte e ingeniería, adicionalmente los profesores también formaron parte de la encuesta.

También se realizaron varias encuestas individuales a profesionales arquitectos, ingenieros, artistas, entre otros, los cuales fueron convocados y se reunieron con el encuestador individualmente. En total se realizaron encuestas a 74 personas de varios grupos de edad, género y profesión.

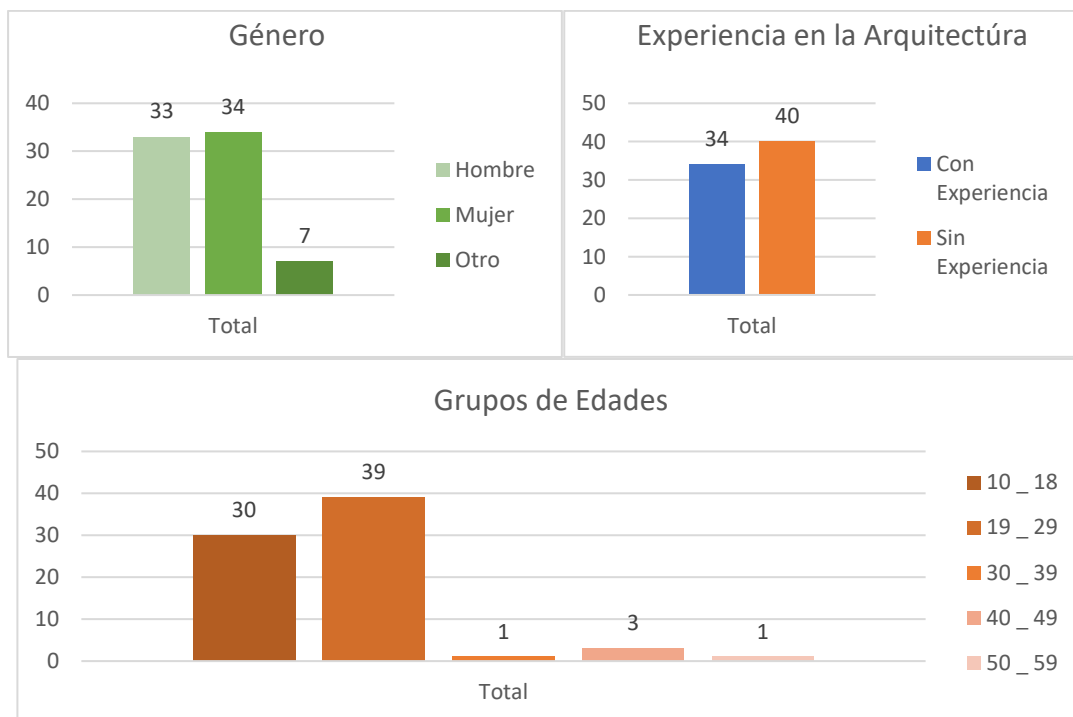


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Las encuestas fueron realizadas presencialmente y en formato físico en su totalidad, el documento que contiene las diferentes preguntas se encontrará anexo al final de este trabajo.



Gráfico: Foto de encuestas en la Universidad Católica
Fuente: Creación Propia

Las encuestas a estudiantes universitarios se realizaron en sus respectivas aulas con el permiso de los profesores a cargo, ya que el tiempo disponible y los recursos fueron limitados las encuestas se realizaron con la siguiente metodología:

- La Maqueta fue expuesta frente a toda la clase sobre una base.
- El entorno 3D fue expuesto en proyector y computador frente a la clase.
- Se explicó brevemente el contenido y temática de la encuesta.
- Se otorgó el tiempo suficiente para que los alumnos pudieran levantarse a observar de cerca la maqueta e interactuar con el entorno 3D en el computador y el proyector.
- Posteriormente todos los alumnos regresaron a sus puestos y contestaron la encuesta que se repartieron individualmente a cada uno.
- Una vez terminada la encuesta se permitió a los presentes hacer preguntas y dar opiniones.
- Por último, los profesores presentes también participaron en la actividad observando interactuando y respondiendo la encuesta por su cuenta.



Gráfico: Foto de encuestas en la Universidad Católica
Fuente: Creación Propia



Gráfico: Foto de encuestas en la Universidad Católica
Fuente: Creación Propia



Gráfico: Foto de encuestas en la Universidad Católica
Fuente: Creación Propia

3.4. Resultados de la encuesta.

A continuación se exponen los resultados de las encuestas tabuladas por porcentajes en las cuales los individuos encuestados calificaron las diferentes características que tienen en común tanto la maqueta como el entorno 3D, en primera instancia cada característica tiene su calificación individual para maqueta y 3D, posteriormente la calificación comparativa también se muestra en los gráficos. Se han separado los resultados de arquitectos, ingenieros o personas con experiencia en el campo de la arquitectura de los resultados de las personas que tenían otras carreras que no tenían ninguna relación con el campo de la arquitectura, con el objetivo de contrastar y comparar la visión de ambos grupos de encuestados.

Forma y dimensión Exterior

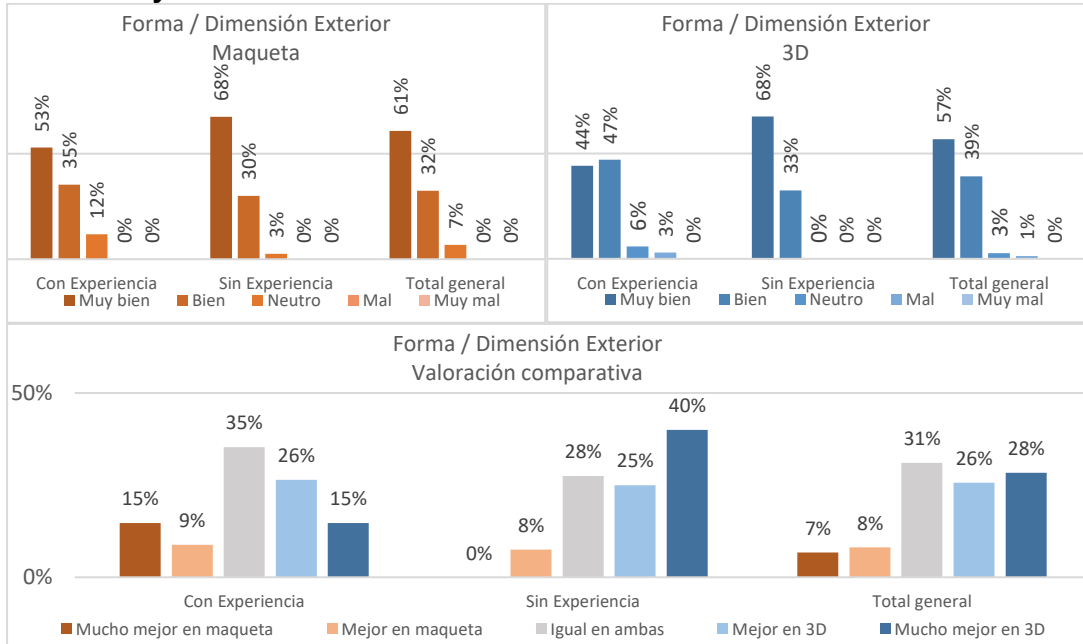


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

En general el grupo de encuestados con experiencia en la arquitectura han percibido en su mayoría la forma y dimensión exterior del edificio de igual manera en ambos métodos de representación arquitectónica, pero al contrario, los encuestados sin experiencia percibieron mejor esta característica en el entorno 3D. Cabe recalcar que durante la realización de las encuestas los participantes comentaron que era mucho más fácil moverse y rotar alrededor del proyecto en la maqueta física que en el entorno 3D ya que pudiendo visualizar techos y geometría más eficazmente.

Forma y dimensión Interior

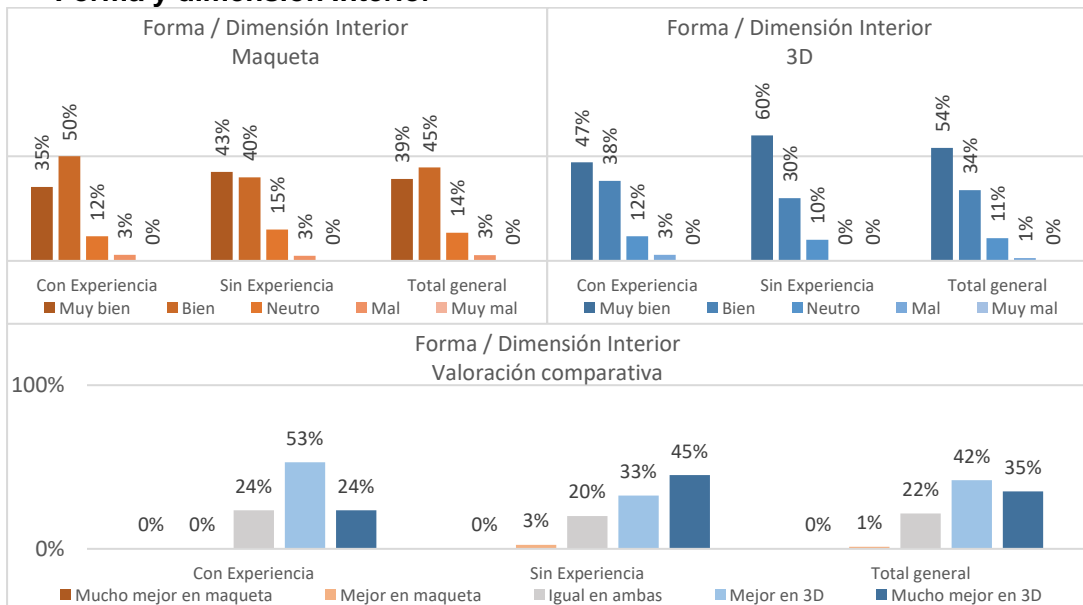


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

En cuanto a la percepción del edificio por su interior, ambos grupos con y sin experiencia han considerado que el entorno 3D hace un mejor trabajo en representar

sus espacios internos. Los encuestados han considerado que el interior se ve más detallado y es más fácil de observar, explorar y navegar a través de ellos en el entorno 3D abriendo puertas y recorriendo pasillos o habitaciones con detalle en sus superficies, iluminación adecuada y materiales realistas.

Escala y Proporción

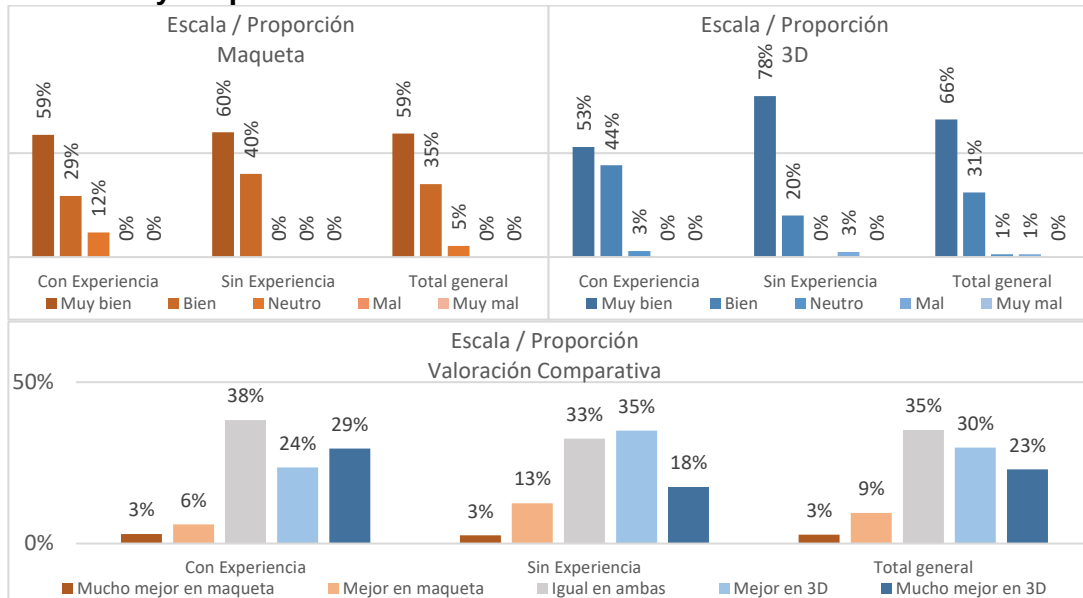


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

En el apartado de la percepción de la escala del edificio los encuestados sin experiencia otorgaron mejores calificaciones individuales al entorno 3D, pero cuando se vieron forzados a comparar ambos métodos de representación sus opiniones han sido variadas ya que su percepción de la escala no se encuentra muy desarrollada, en cambio los encuestados con experiencia en la arquitectura han denotado una igual o mejor percepción de la escala en el entorno 3D, esto seguramente se debe a que el posicionamiento de la cámara y el recorrido del espacio en primera persona otorga un nuevo nivel de comprensión del espacio y la escala que la maqueta no tiene por defecto. En el entorno 3D la escala se percibe juntando el campo visual de la cámara controlada por el usuario y los referentes visuales como puertas, plantas, ventanas y escaleras cuyo tamaño suele ser bien conocido por todas las personas incluso de manera subconsciente.

Color

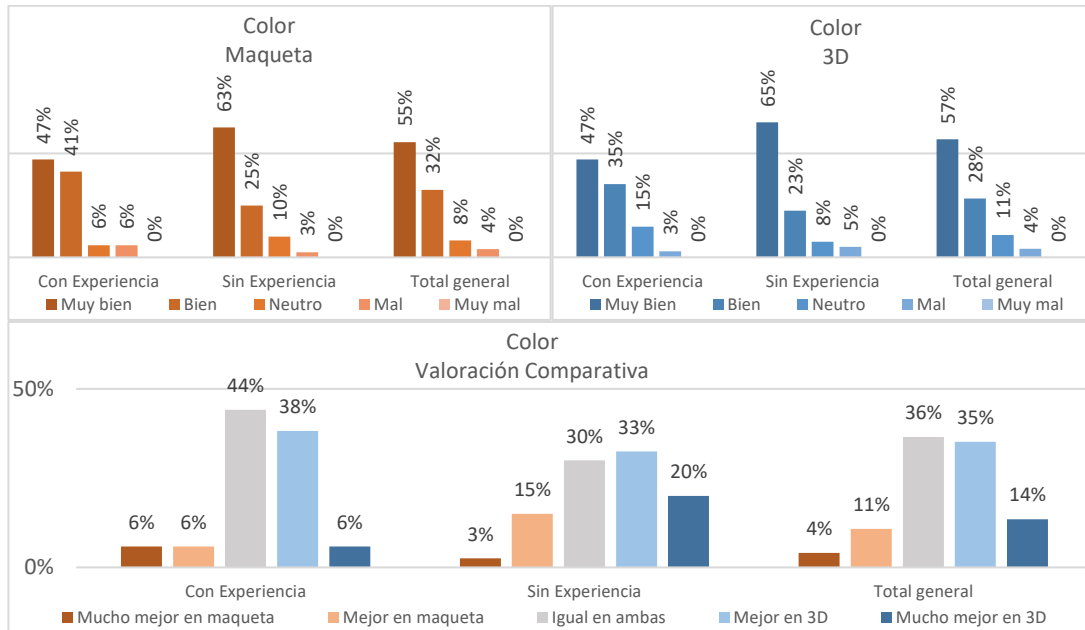


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Los encuestados con experiencia en arquitectura en su mayoría han considerado que el color de la edificación se representa igual tanto en 3D como en maqueta, pero la otra parte de ellos consideran que en el entorno 3D hace un trabajo un poco mejor en este aspecto, mientras tanto los encuestado sin experiencia han otorgado respuestas más variadas tendiendo más a la igualdad entre ambos métodos de representación.

Material

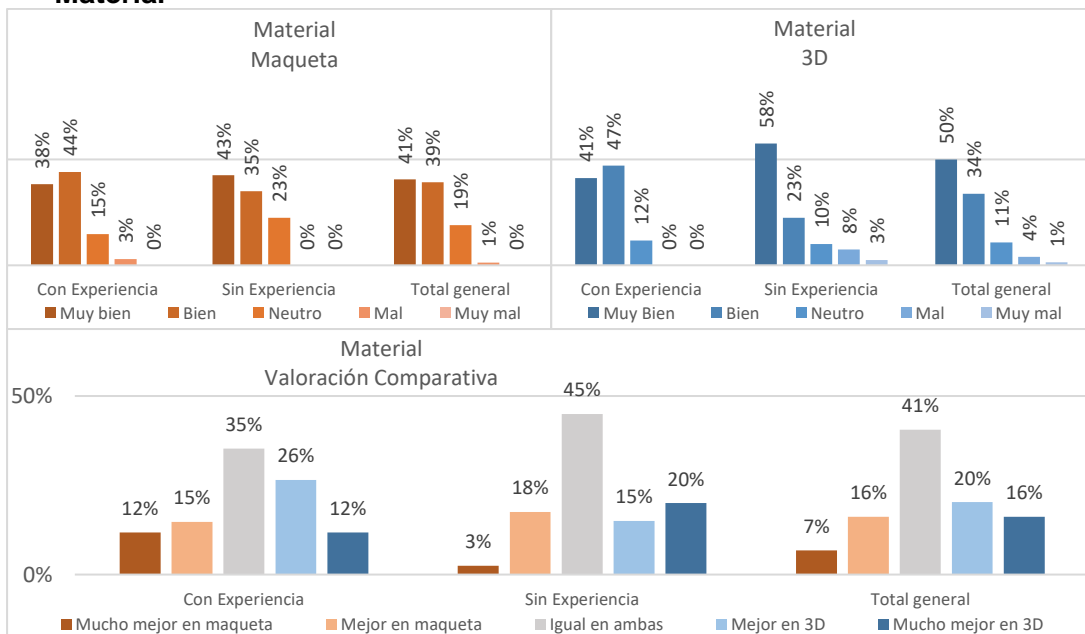


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

El entorno 3D recibió en general mejores calificaciones de percepción del material, pero los encuestados al comparar maqueta y 3D han tenido opiniones variadas. Encuestados con experiencia en arquitectura difieren bastante entre cual es mejor

sobresaliendo por poco la opinión de que el material se percibe igual en ambos métodos de representación, en cambio los encuestados sin experiencia en su mayoría creen que es igual en ambos.

Iluminación

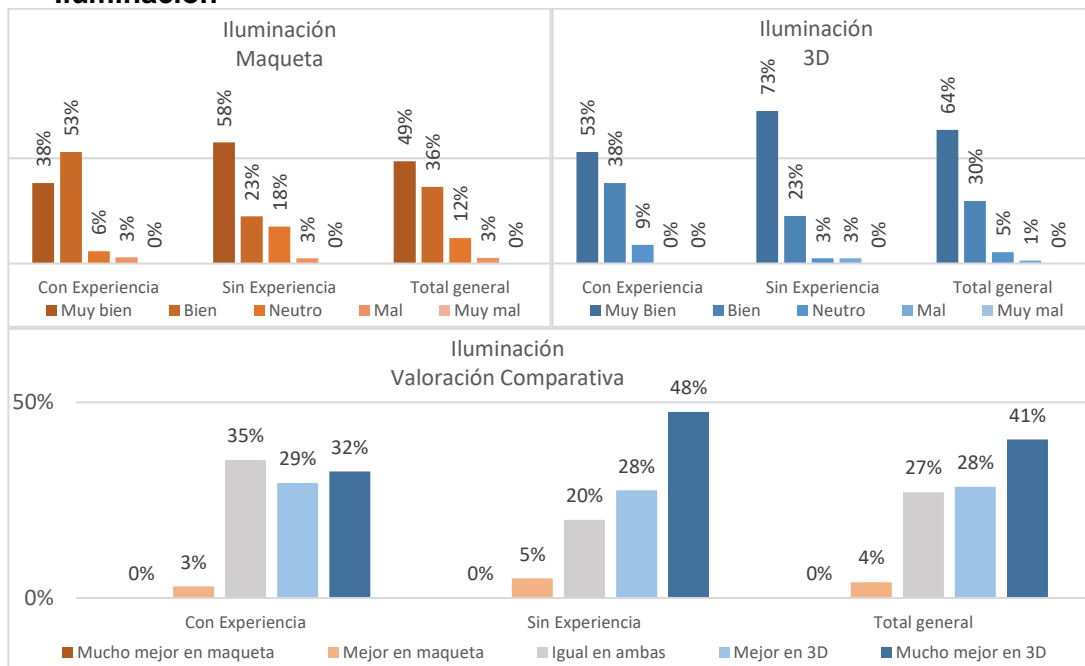


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas

Fuente: Creación Propia

En cuanto a la iluminación de los espacios, el entorno 3D ha recibido calificaciones mucho más altas ya que los encuestados sin experiencia lo han considerado muy superior frente a la maqueta física, en cambio los encuestados con experiencia arquitectónica se mantienen con la opinión de igualdad en ambas, pero con una buena parte de ellos calificando mejor al entorno 3D, esto se debe seguramente a las mejores condiciones de iluminación que otorga este método.

Vegetación

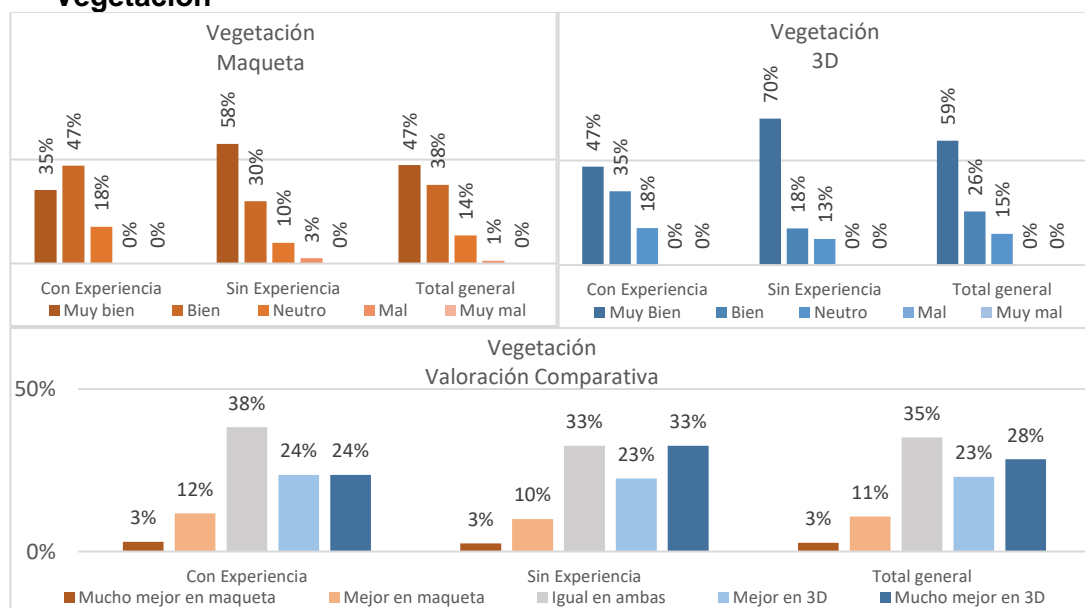


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas

Fuente: Creación Propia

Nuevamente el entorno 3D ha recibido mejores calificaciones, tanto los encuestados sin experiencia arquitectónica como los que si tienen experiencia consideran la vegetación igual o mejor representada en el entorno 3D. La vegetación detallada, animada con movimiento del viento y a escala real seguramente es más placentera de observar para los encuestados que su contraparte pequeña en la maqueta.

Espacio / Recorrido

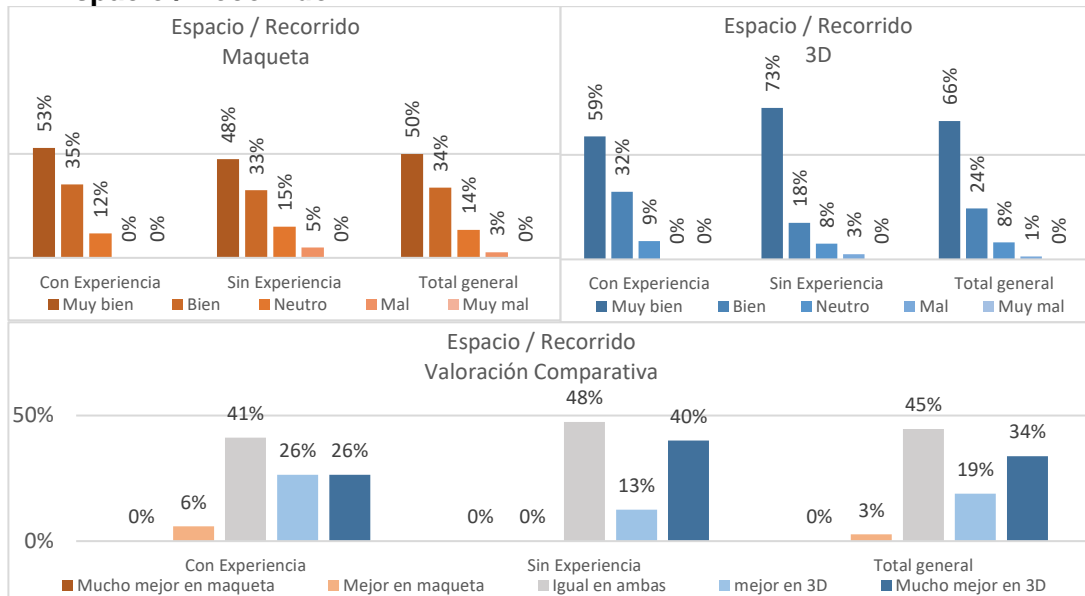


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

La gran mayoría de encuestados han considerado que los recorridos y circulaciones de la edificación se entienden igual o mejor en el entorno 3D, encuestados sin experiencia en arquitectura tienden a calificar mejor al entorno 3D, esto se debe a que fueron capaces de navegar los espacios internos de manera realista recorriendo sus espacios y explorando sus habitaciones por su propia cuenta mientras que la maqueta limitaba completamente la circulación interior debido a su escala.

Función

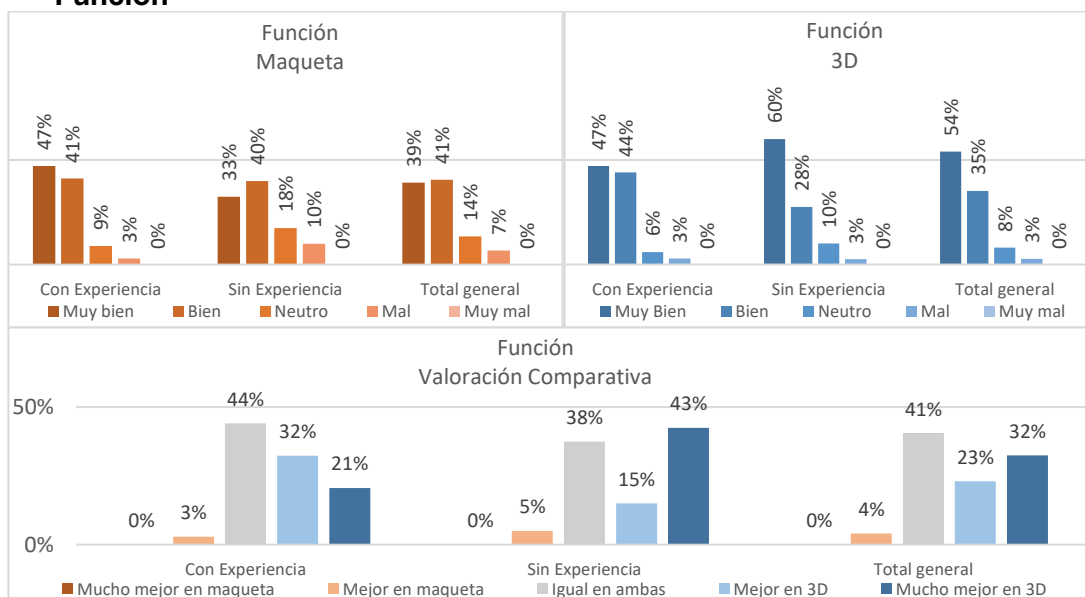


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Las calificaciones en esta sección resultaron un poco más bajas ya que los espacios en maqueta y 3D no estaban amoblados, esto causó dudas en los encuestados, pero la mayoría concluyó que el edificio tenía locales comerciales al ser capaces de recorrer en el entorno 3D los espacios largos y modulares con baños y bodegas en cada habitación, debido a esto los encuestados sin experiencia arquitectónica consideraron que la función del espacio se comprende mejor en el 3D, en contraste los encuestados con experiencia consideran que se comprende igual en ambos métodos de representación.

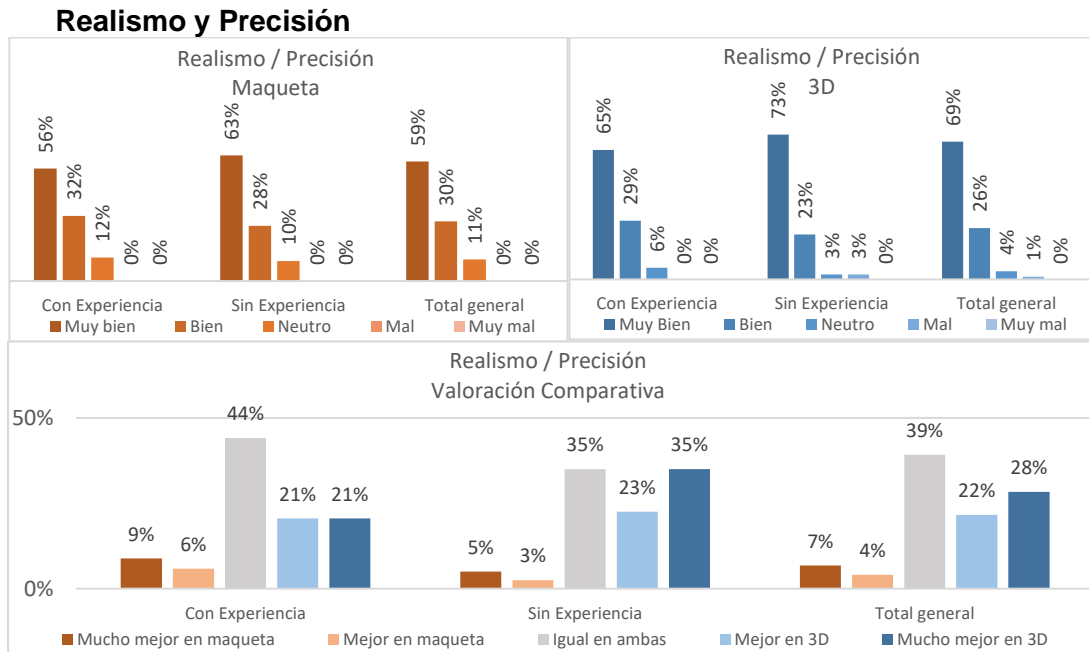


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

En cuanto al realismo la gran mayoría de los encuestados con experiencia han considerado que ambos métodos de representación arquitectónica son iguales, con el resto considerando que el 3D es mejor y un pequeño porcentaje prefiriendo la maqueta, en cambio los encuestados sin experiencia en su mayoría consideran el entorno 3D superior y un buen porcentaje cree que es igual. Es difícil para los encuestados definir cuál opción es más realista ya que por un lado tienen un objeto real palpable y por otro un objeto digital visualizable a través de una pantalla

Impacto / Impresión

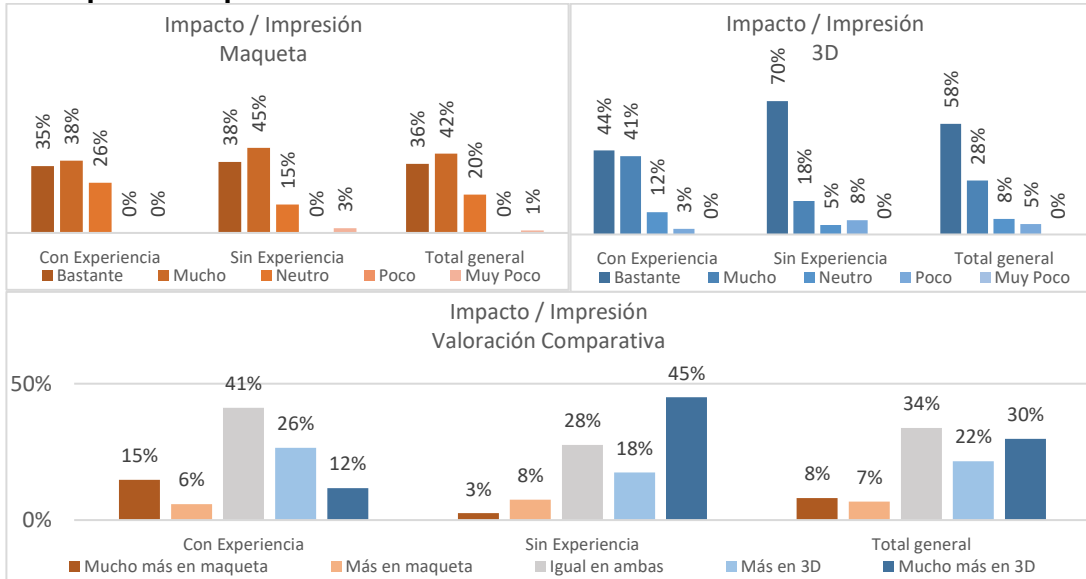


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Los encuestados con experiencia arquitectónica han tenido opiniones variadas pero la gran mayoría concuerda que ambos métodos de representación tienen el mismo impacto visual, en cambio los encuestados sin experiencia se han sentido mucho más impactados y atraídos por el entorno 3D esto se debe seguramente a que los arquitectos e ingenieros de la actualidad se encuentran mucho más familiarizados a nivel profesional con las tecnologías y los entornos 3D mientras que para las personas sin experiencia esto es una novedad que causa más interés y curiosidad.

Profesionalidad

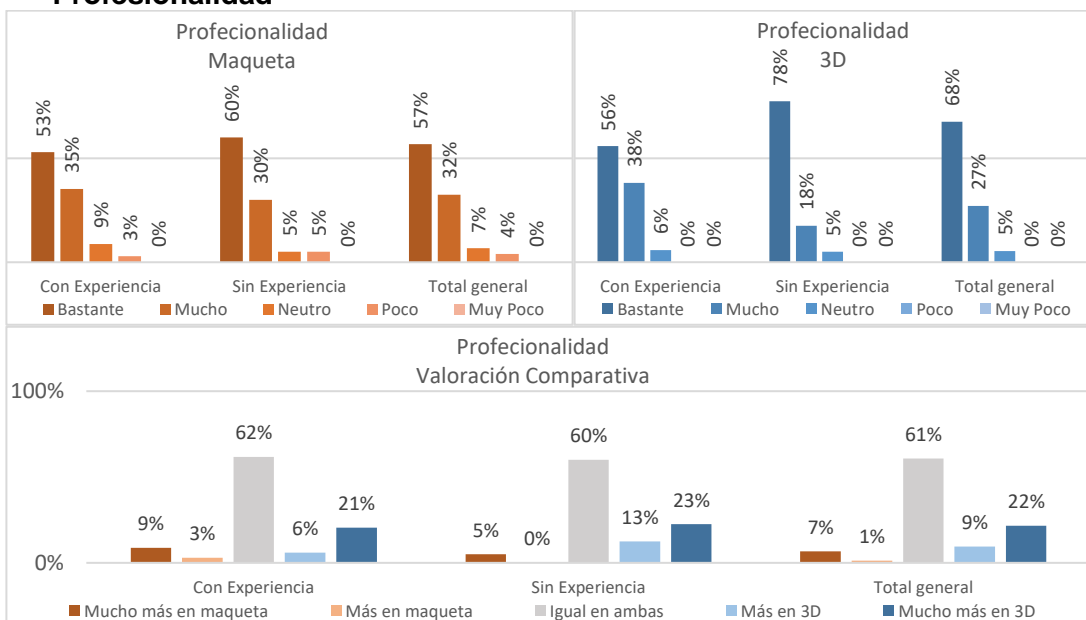


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

El entorno 3D recibió mejores calificaciones de ambos grupos en el campo de la profesionalidad, pero al momento de comparar maqueta y entorno 3D la gran mayoría ha considerado que ambos métodos de representación se ven igual de profesionales y adecuados para representar la arquitectura del edificio.

Originalidad

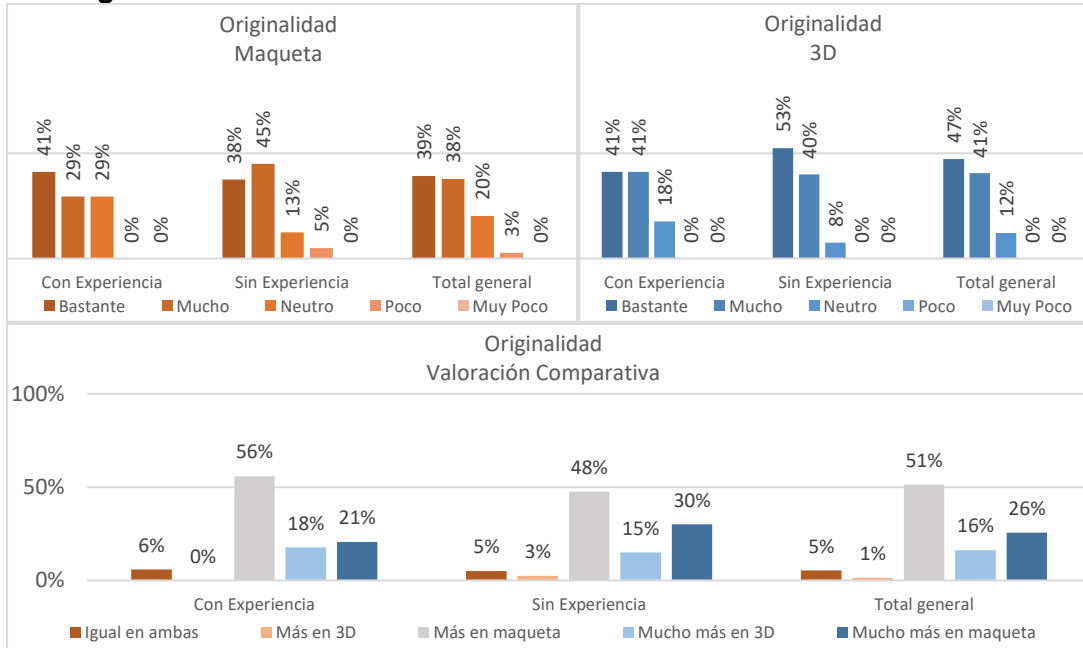


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Al igual que en el apartado de profesionalidad, los encuestados han considerado en su mayor parte que tanto el entorno 3D como la maqueta son métodos de representación arquitectónica muy originales, aunque cabe recalcar que en menor cantidad varios encuestados han considerado más original el entorno 3D que la maqueta, especialmente entre los encuestados sin experiencia arquitectónica que no se encuentran tan familiarizados con estas tecnologías.

Complejidad / Comodidad

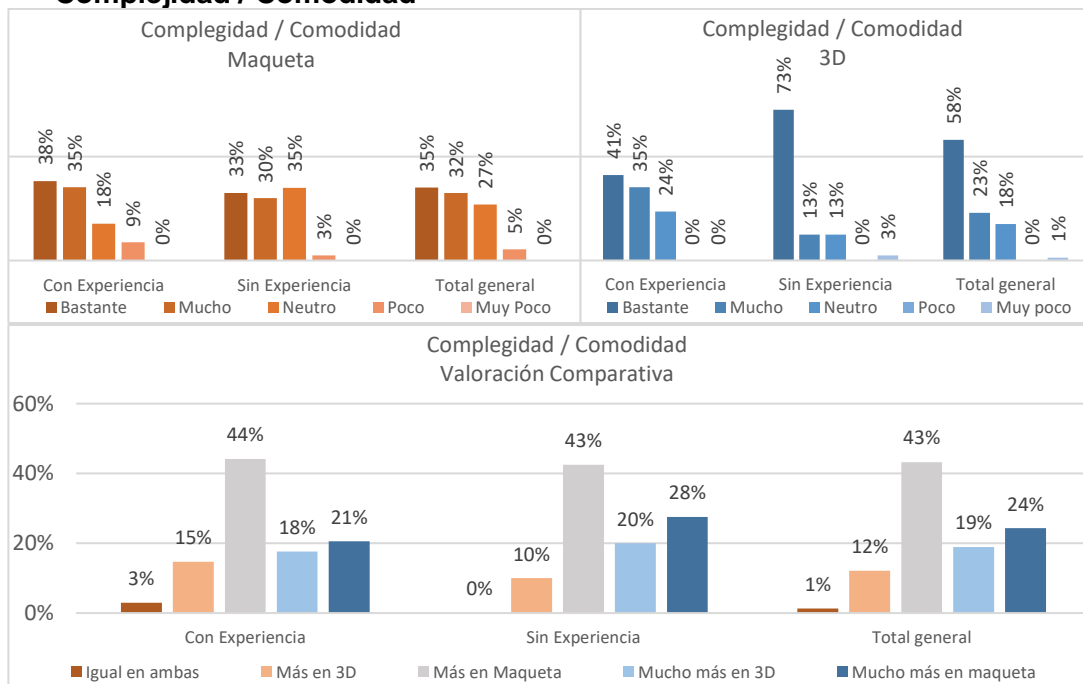


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Los encuestados sin experiencia consideran el 3D bastante complejo pero cuando se lo comparan con la maqueta ambos grupos en su mayoría han considerado que son igual de complejas o incluso una buena parte considera que el entorno 3D es más fácil de navegar, pero teniendo esto en cuenta durante las encuestas hubo personas que tuvieron muchas complicaciones navegando el proyecto en 3D demostrando que el no estar acostumbrado al movimiento dentro de estos entornos puede ser una gran barrera para estas personas.

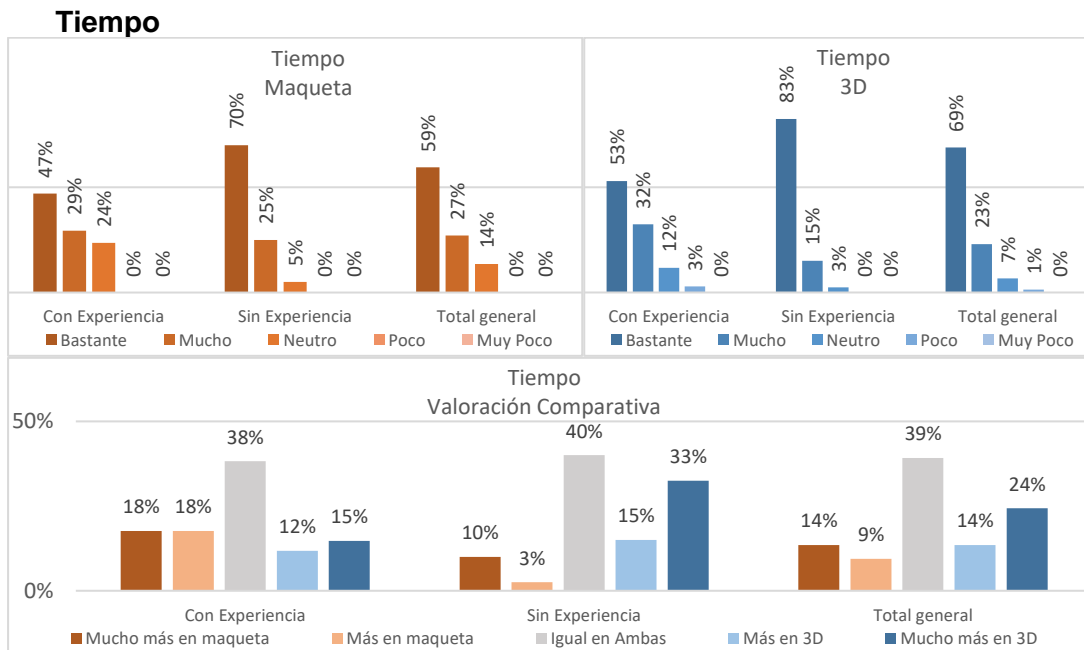


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Los encuestados con experiencia en la arquitectura en general han considerado que tanto la maqueta como el entorno 3D no toman tanto tiempo en realizarse, al contrario, los encuestados sin experiencia han considerado que ambos métodos consumen mucho tiempo. Esto también se expresa cuando los encuestados compararon ambos métodos de representación, las personas con experiencia consideran que ambos métodos toman el mismo tiempo en producirse, mientras que el grupo sin experiencia en su mayoría tienen la misma opinión, pero un gran grupo de ellos creen que el entorno 3D toma más tiempo de producción. Seguramente esto se deba a que arquitectos e ingenieros han tenido experiencia regular tanto en la producción de maquetas como el trabajo con planimetría y levantamiento de edificaciones en programas como Autocad, Archicad y Revit, lo cual les otorga una mayor comprensión de la complejidad y el tiempo que toma realizar estos trabajos.

¿Cuál método de representación gusta más?

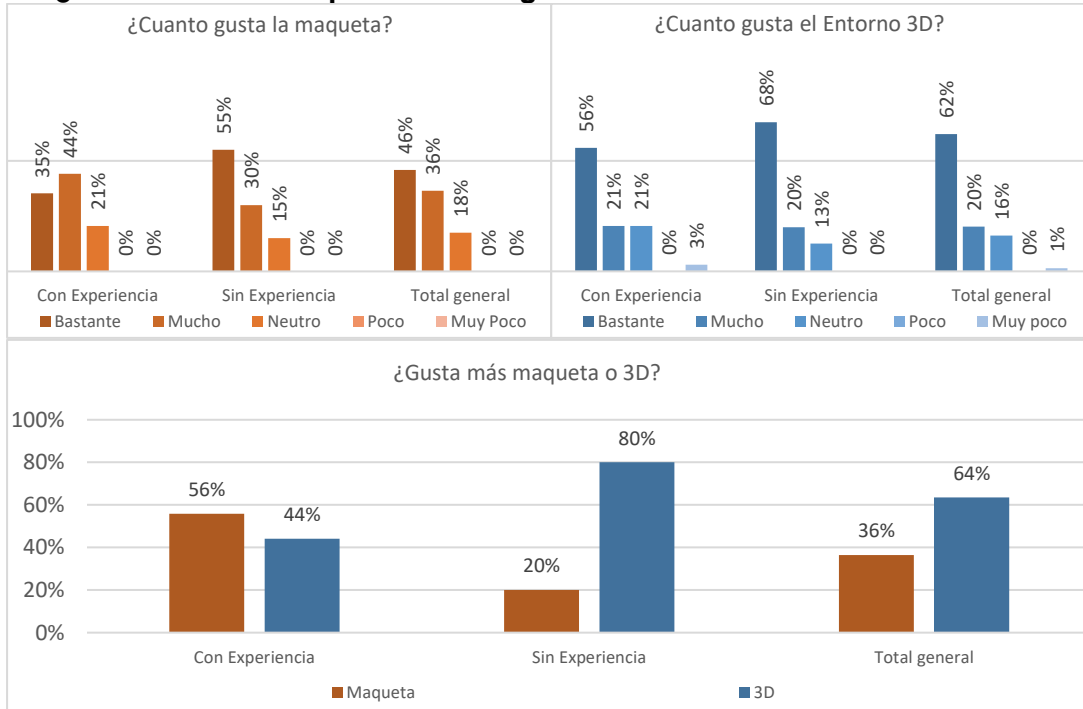


Gráfico: Tablas de resultados de las encuestas
Fuente: Creación Propia

Por último se pidió a los encuestados que calificaran cuanto les ha gustado cada método de representación y que elijan cuál es su preferido, nuevamente se puede observar cómo los encuestados con experiencia tienden a otorgar calificaciones más bajas en comparación a los que no tienen experiencia y cuando se ven forzados a elegir una sola opción sus respuestas han estado repartidas casi por igual entre la maqueta y el entorno 3D, por el contrario los encuestados sin experiencia han favorecido en gran medida al entorno 3D con el 80% de ellos escogiendo esta opción. Sin duda el impacto que causa el entorno 3D como una manera novedosa de presentar proyectos a las personas comunes se ve reflejada en los resultados finales de esta encuesta.

4. CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta investigación ha sido el establecer las ventajas y desventajas de los dos métodos de visualización arquitectónica, la maquetación y los entornos 3D, cuyos procesos de creación, su historia y su presencia ante el espectador son diferentes, aunque cumplan objetivos iguales o similares en el campo de la arquitectura. En primer lugar, se elaboró una investigación histórica con el fin de conocer los orígenes de ambos métodos de representación arquitectónica del cual concluimos que la maqueta arquitectónica como herramienta tiene una larga trayectoria histórica que se remonta hasta los principios de la humanidad sirviendo no solo como método de representación sino como una herramienta que define a la arquitectura y que a través de los años se ha perfeccionado, especializado y ramificando en beneficio de la intención del arquitecto, dando nacimiento a la maqueta de concurso, la maqueta de detalle, la maqueta conceptual y la maqueta urbana.

Por otro lado, la historia de los entornos tridimensionales cuenta con una trayectoria mucho menor ya que su desarrollo va de la mano con los avances científicos y tecnológicos del último siglo, por lo tanto es una práctica que sigue avanzando, perfeccionándose y mejorando día a día en nuestra propia época, otorgándole así la capacidad de innovar y sorprendernos aún más en un futuro cercano, sin embargo esto no quiere decir que sea una práctica inmadura o poco desarrollada ya que durante los últimos años el uso de entornos 3D ha crecido y evolucionado exponencialmente viendo nacer incontables empresas y software que se dedican al desarrollo de esta tecnología, incursionando en diferentes campos como el CAD (Computer Aided Design), BIM (Building Information Modeling) y la visualización arquitectónica, con el objetivo de mejorar y optimizar la administración y visualización de proyectos arquitectónicos.

También se realizó un estudio de referentes con el fin de presenciar la aplicación de las diferentes técnicas en proyectos y situaciones reales para así poder concluir como cada técnica beneficia tanto al proceso creativo del arquitecto como a la presentación del proyecto. En esta investigación se pudo observar como las maquetas conceptuales son una herramienta casi indispensable en las etapas de creación de un proyecto arquitectónico, como otorgan una facilidad y maniobrabilidad orgánica sobre las formas y geometría del edificio casi innata en el ser humano que, mediante el uso de diferentes materiales y la habilidad manual, ayudan al arquitecto a definir las formas que yacen en su imaginación, el claro ejemplo de esta técnica fueron las maquetas conceptuales de la capilla Notre Dame du Haut en Rochamp diseñada por Le Corbusier.

De igual manera se concluyó las características representativas de la maqueta y sus capacidades de traducir un lenguaje abstracto, como lo es la planimetría, a un objeto tridimensional que es mucho más comprensible para los ojos menos entrenados propios de las personas que no tienen experiencia arquitectónica, el claro ejemplo de esto fue la gran maqueta de Cádiz que en un principio pretendía ser una herramienta militar que permitiría a los altos mandos comprender mejor la malla urbana de la ciudad y planificar sus defensas eficientemente, pero que al final quedaría para la posteridad como un registro histórico de la morfología de la ciudad en una época pasada.

En cuanto a los referentes en entornos y tecnologías 3D se pudo observar y concluir en primer lugar las grandes capacidades del modelado BIM que permite al arquitecto tomar un flujo de trabajo totalmente diferente mediante algoritmos que modifican las características del edificio modelado, teniendo en cuenta hasta las partes más pequeñas

y reflejando cambios y modificaciones de manera instantánea en toda la documentación arquitectónica (planos, fachadas, tablas, etc), de esta manera esta técnica y tecnología permite diseñar y administrar toda la información del proyecto de manera eficiente y accesible, esto se pudo observar en la recreación de la torre Swiss Re mediante modelado BIM.

En cuanto a la visualización arquitectónica mediante entornos 3D, el entorno virtual de la Catedral de Palermo demostró las capacidades de este medio para representar proyectos no solo con un realismo extraordinario sino también con varios niveles de interactividad que permiten a las personas explorar y experimentar los espacios de un proyecto arquitectónico a un nivel más detallado y hasta cierto punto más realista que en un modelo a escala, permitiendo agregar infografía detallada en cada rincón del proyecto y opciones de personalización para los usuarios, culminando en que esta experiencia no es exclusivamente presencial, como en el caso de la maqueta, si no que puede ser multiplicada y compartida digitalmente de manera indefinida de ser necesario

Junto con la información recolectada de la investigación histórica, los referentes y las encuestas realizadas ha sido posible concluir varios pros y contras tanto de la maqueta como del entorno 3D que se encuentran descritos a continuación.

Maqueta

Pros:

-Es una herramienta casi indispensable para la elaboración de proyectos arquitectónicos que durante las primeras etapas ofrece una maniobrabilidad natural a la mano humana indescriptible pues permite al arquitecto traducir sus ideas e imágenes mentales a la realidad de manera más eficiente que el modelado mediante software.

-Es fácil de crear y de visualizar principalmente para los individuos que no se encuentran familiarizados con la arquitectura. durante las encuestas un buen número de personas expresaron que les resultaba más natural caminar, mirar y tocar la maqueta, y ciertamente para muchas personas será más fácil tomar materiales y empezar a armar un objeto real que aprender un software de modelado desde el principio.

-Es mejor representando el exterior de los edificios, debido a la menor escala y la mejor sensación de volumen al ser un objeto real. La maqueta permite al observador apreciar la profundidad y los volúmenes de un proyecto de una manera superior, esto fue reflejado en las encuestas donde la mayoría de los encuestados han opinado que la maqueta hace un mejor trabajo en este campo.

-La maqueta siempre tendrá la ventaja de que al ser un objeto real permite una mejor percepción de la forma mediante tanto la vista como la sensación táctil, una barrera que hasta ahora los medios digitales no han sido capaces de sobrepasar.

- Es más fácil de exponer y atraer la atención de grandes grupos de personas mediante el uso de una maqueta, ya sea que todos están observando el mismo objeto o que es más sencillo atraer la atención de varios espectadores a un mismo punto. La observación de una maqueta puede ser una experiencia social y grupal que invita a los espectadores a pensar y opinar.

Contras:

- La maqueta al ser un medio físico siempre tendrá que llevar consigo un elevado costo de elaboración debido al consumo de materiales que hasta cierto punto puede llevar a no aprovechar y desperdiciar cierto porcentaje de los materiales utilizados para su construcción.
- Se ve bastante limitada por la escala, al ser un objeto real tiene que ocupar un espacio real equivalente a su propio tamaño por lo cual las maquetas no pueden ser construidas en escalas demasiado elevadas.
- Debido a su límite de escala las maquetas pueden llegar a perder los detalles más pequeños y finos del proyecto que pretenden representar, detalles como textura, material objetos pequeños o incluso color, ya sea porque la escala es demasiado pequeña para apreciarlos o porque su implementación a escala es demasiado difícil y laboriosa.
- El transporte de la maqueta siempre es una tarea laboriosa que conlleva la construcción de una caja para llevarla o seccionar en partes para transportarlas por separado en caso de mayor escala. Durante la realización de las encuestas la maqueta presentada ante los participantes tuvo que ser transportada cuatro veces y pese a ser una maqueta pequeña y con caja a su medida, la tarea no fue sencilla y siempre se corre el riesgo de daños o accidentes.

Entorno 3D

Pros:

- El entorno 3D parece impresionar mucho más al público, los resultados de las encuestas afirman que la mayoría de las personas se sienten más atraídas al entorno 3D, en mayor proporción las personas que no son ni arquitectos ni ingenieros, esto se debe a que es un método de representación novedoso que captura la curiosidad de los espectadores y al ser interactivo los motiva a experimentar.
- El entorno 3D hace un mejor trabajo representando espacios internos, debido a no estar limitado por la escala el entorno 3D logra representar habitaciones, pasillos y muchos otros espacios del edificio de manera más natural que una maqueta, los encuestados en general han estado de acuerdo que este medio hace un mejor trabajo representando el interior del proyecto.
- Este método de representación no tiene límite de escala, al estar construido dentro de un entorno 3D la escala no tiene importancia, por lo cual puede ser representada a 1:1 siendo capaz de mostrar objetos, habitaciones, y edificios en su tamaño real con respecto al observador o cámara que el usuario guía.
- Puede representar mucho más detalle en la superficie de sus materiales y en su iluminación gracias a no presentar limitaciones de escala por lo tanto el modelado del entorno 3D puede tener tanto detalle como el diseñador lo requiera.
- Es fácil de compartir y no tiene problemas de transporte. El entorno 3D al ser información digital almacenada en un disco duro, puede ser compartido vía transferencia de datos directa o a través de la red, esto permite que sea utilizado prácticamente en cualquier equipo con las características correctas y nunca corre el riesgo de daños.

- El entorno 3D es completamente editable y reutilizable luego de haber sido concluido, al no estar construido con materiales reales, puede ser cambiado fácilmente cuantas veces sea necesario, ya sean cambios de forma, color, material, etc. o una completa reimaginación del proyecto en sí, esta característica puede ser aún más potente si la geometría es parte de un proyecto BIM donde toda la información está interconectada y cada cambio se refleja automáticamente en todas las partes y documentación del proyecto.

Contras:

- El entorno 3D puede ser difícil tanto al momento de crearlo como al momento de visualizarlo si la persona no tiene experiencia con esta tecnología. La lenta curva de aprendizaje de algunos software utilizados en la arquitectura para crear estos entornos puede representar una seria barrera para algunas personas; de la misma manera individuos que no están acostumbrados a navegar por entornos 3D usando teclado y ratón pueden presentar inconvenientes al visualizar proyectos a través de este medio. Durante las encuestas se pudo observar a varias personas que presentaron este problema, aunque no estuviera reflejado en los porcentajes.

- Es una herramienta menos intuitiva en etapas tempranas de un proyecto, aunque hay muchos individuos que realizan la totalidad de sus proyectos de manera digital, cabe recalcar que cuesta acostumbrarse y es más difícil proyectar la arquitectura desde 0 en medios digitales, en especial formas complejas, aunque BIM y el modelado mediante algoritmos es una buena alternativa para superar este problema.

- Los requerimientos mínimos de una computadora para correr programas de modelado BIM o visualización arquitectónica suelen ser medios o altos y aunque vivimos en una época de avances tecnológicos, muchas computadoras personales normales de casa pueden tener problemas para abrir estos proyectos.

- El entorno 3D no es necesariamente la mejor opción para presentar a un grupo de personas debido a que la experiencia y la interacción que ofrecen es mayormente una actividad individual y aunque varias personas pueden observar al mismo tiempo, solo una persona puede guiar la cámara a través del proyecto.

Otro tema importante que se ha desenterrado gracias a la realización de las encuestas ha sido la gran diferencia de opinión existente entre los arquitectos e ingenieros, ya sea estudiantes o profesionales, en contraste con las opiniones de las personas que no tienen nada que ver con el campo de la arquitectura. Las respuestas otorgadas durante las encuestas por los arquitectos se han caracterizado por una visión más crítica y meticulosa, otorgando calificaciones más bajas tanto a la maqueta como en el entorno 3D a lo largo de todas las preguntas realizadas, y cuando se han visto forzados a comparar ambos métodos de visualización sus opiniones han sido mucho más neutrales derivando en que, para estos profesionales, ambas técnicas son factibles e incluso tienen sus ventajas individuales en ciertos campos, por ejemplo la ventaja de la maqueta para representar el edificio exteriormente y el entorno 3D interiormente. Esto nace del hecho de que los profesionales en el campo de la arquitectura cuentan con un ojo entrenado y criterios bien formados con los cuales pueden enfrentar tal comparación. Durante las encuestas sus emociones han sido mucho más controladas, sus preguntas, opiniones y comentarios han sido más escasos, pero mucho más meticulosos, sus opiniones son una valiosa evidencia de cómo piensa un lado de la moneda.

Por el otro lado tenemos a las personas que no tienen nada que ver con la arquitectura, en un caso real estos podrían ser clientes, promotores, contratistas, etc. Que han respondido a las encuestas de una forma mucho más apresurada y emocional, estas personas han otorgado calificaciones considerablemente más elevadas y se han visto mucho más impresionadas tanto por la maqueta como por el entorno 3D, y al momento de comparar ambos métodos de representación han optado en su gran mayoría por el entorno 3D como el método que hace un mejor trabajo en la mayoría de los campos demostrando que para un ojo menos entrenado este medio de representación produce mayor atracción. De la misma manera los grupos de personas que no pertenecen al campo de la arquitectura han demostrado mucho mayor interés durante las encuestas formando círculos alrededor de la maqueta y el computador, realizando varias preguntas e incluso realizando sugerencias; Y aunque sus opiniones han sido menos profesionales y meticulosas, son extremadamente valiosas ya que estas personas son una gran parte del grupo objetivo para el cual se realizan tanto las maquetas como los entornos 3D.

Al final del trabajo y luego de haber realizado toda la investigación teniendo en cuenta la hipótesis planteada al principio como guía, se puede concluir que en efecto las tecnologías digitales 3D de visualización de proyectos arquitectónicos aventajan a la maquetación en varios aspectos muy importantes, pero esto no quiere decir que la maqueta sea reemplazable o que no sea poseedora de sus propias ventajas. Ambos métodos de representación o técnicas de modelado y diseño son factibles para el uso por parte de arquitectos y la contemplación por parte de clientes, su aplicación debe ser circunstancial teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas en relación con el objetivo que pretenden cumplir; la maqueta es una herramienta de gran importancia, útil para sacar las ideas de la mente del arquitecto así como para representar la arquitectura, su amplia aplicación a lo largo del tiempo no solo la hace una herramienta versátil si no también parte importante de la misma historia de la arquitectura; mientras que las tecnologías de 3D ofrecen una herramienta con una capacidad y facilidad increíble de modelado, organización y visualización que avanza día a día facilitando el arduo trabajo del arquitecto y otorgando otra perspectiva del proyecto al cliente.

Recomendaciones

Luego de haber realizado toda esta investigación, algunas vías de investigación que pueden ramificarse de este trabajo y que son temas muy interesantes a desarrollar son:

El papel de la realidad virtual en la visualización arquitectónica. Las posibilidades que trae el uso de las gafas de realidad virtual y sus mandos que rastrean la posición de manos y dedos de una persona traduciéndolos al entorno 3D.

La visión elitista del arquitecto. Como el arquitecto, quien diseña y construye, percibe la arquitectura frente a como la percibe el individuo común y corriente quien vive en su interior y la experimenta día a día.

El estudio de las nuevas tecnologías emergentes como el Machine learnig, la inteligencia artificial, las redes neuronales, el Ray tracing en tiempo real de las nuevas tarjetas gráficas, etc. Aplicados al campo de la arquitectura y la visualización arquitectónica.

Bibliografía

- Agnello, F., Avella, F. and Agnello, S. (2019) 'VIRTUAL REALITY for HISTORICAL ARCHITECTURE', *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2/W9), pp. 9–16. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-9-2019.
- Álvarez, F., Garnica, J. and Esparza, V. (2006) 'Entrevista a Fernando Álvarez: maqueta y aprendizaje', *DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura*, (15), pp. 63–71. Available at: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/9407>.
- Azara, P., Cultura, C. De and Barcelona, C. De (2006) 'Maquetas en el mundo antiguo: Entrevista a Pedro Azara', *DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura*, (15), pp. 55–62. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4022224>.
- Basak, A. (2019) 'Reassessing user-friendliness of evolving graphical interface design from social perspective', *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 135(7), pp. 327–341. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=iOeCDwAAQBAJ&pg=PA327&lpg=PA327&dq=Reassessing+User-Friendliness+of+Evolving+Graphical+Interface+Design+from+Social+Perspective&source=bl&ots=NP38kGbjef&sig=ACfU3U3ja0dxaOhBnLJy3DK0agJrHqknpQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEw>.
- Castro, G. G., Vera, J. A. B. and Aguilar-Camacho, J. (2016) 'La maqueta de Cádiz de 1779. Utilidad militar o metáfora de poder', *Revista Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (15), pp. 16–29. doi: 10.12795/ppa.2016.i15.01.
- Cova Morillo-Velarde, M. Á. (2015) *OBJETS: PROYECTO Y MAQUETA EN LA OBRA DE LE CORBUSIER*. Universidad de Sevilla/ Université Paris-Est.
- Foundation, B. (2013) *Blender Foundation History*, <https://www.blender.org/>. Available at: <https://www.blender.org/foundation/history/> (Accessed: 3 May 2019).
- Jankov, S. (2018) 'Arhitektonske makete u suvremenim umjetničkim praksama postsocijalističke Europe', *Život umjetnosti*, 52(102), pp. 22–41. doi: 10.31664/zu.2018.102.01.
- Larrondo Lizarraga, A. (2017) *Generación y control de formas libres en entornos BIM: modelado paramétrico, modelado algorítmico*. Universitat Politècnica de Catalunya. Available at: <https://www.tdx.cat/handle/10803/457875>.
- Lopategui, E. (2014) 'Historia de las computadoras', *Reporte*, pp. 1–28. Available at: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/provinciales/computadoras.pdf>.
- Lyon, R. F. (2011) 'The Optical Mouse, and an Architectural Methodology for Smart Digital Sensors', *VLSI Systems and Computations*, pp. 1–19. doi: 10.1007/978-3-642-68402-9_1.
- Maurici P (2006) 'Escala urbana y escala Arquitectónica', *DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura*, 1(15), pp. 73–79. Available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/9408>.
- Millon, H. (2006) 'Las maquetas arquitectónicas en el Renacimiento', *DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura*, (15), pp. 23–28. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4022059>.

- Oliva Santos, R. (2015) 'Avances tecnológicos en representación gráfica: su influencia en el diseño arquitectónico', *Tesis Doctoral. Director: Usandizaga, Miguel*, p. 261. Available at: <https://www.tdx.cat/handle/10803/397699>.
- Pierre, L. (2013) 'Beyond Kansei Engineering: The Emancipation of Kansei Design', *International Journal of Design*, 7(2), pp. 83–94. doi: 10.1029/2009JB006743.
- Real Academia Española (2014) 'RAE Diccionario Usual', *Edición del Tricentenario*.
- Reffat, R. M. (2006) 'COMPUTING IN ARCHITECTURAL DESIGN : REFLECTIONS AND AN APPROACH TO NEW GENERATIONS OF CAAD', 11(August), pp. 655–668.
- Sutherland, I. E. (2003) *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*, University of Cambridge Computer Laboratory. UK. Available at: <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>.
- Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014) 'Automation in Construction Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs', *Automation in Construction*. Elsevier B.V., 38, pp. 109–127. doi: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
- Wilton-Ely, J. (2006) 'La maqueta arquitectónica: Barroco inglés', *DC PAPERS, revista de crítica y teoría de la arquitectura*, (15), pp. 29–40. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4022219>.

Anexos

Formato de Encuestas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Master en Arquitectura Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño

Encuesta valorativa de Maqueta Física y Entorno 3D en computador

Introducción:

Buenos días, soy estudiante del Master en Arquitectura avanzada en la Universidad Politécnica de Valencia, con el fin de evaluar las características y cualidades implícitas de una maqueta, así como de un entorno 3D solicito su colaboración llenando esta encuesta marcando con una x la respuesta de su elección. De antemano gracias por su colaboración

Género	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hombre	Mujer	Otro

Edad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10-18	19-29	30-39	40-49
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	50-59	60-69	70-79	80 o más

Estudios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sin Estudios	Bachiller	Universitario	Posgrado/maestría	Doctorado

Profesión	
------------------	--

Experiencia en elaboración de maquetas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Si	no

Experiencia en Elaboración de entornos 3D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	si	no

Indicaciones:

- 1- Proceda a observar y analizar la siguiente maqueta física y el entorno 3D arquitectónico por separado
- 2- Responder la siguiente encuesta referente a la percepción y apreciación de la maqueta física y el entorno 3D arquitectónico.

- **PARTE 1: VALORACIÓN DE MAQUETA FÍSICA**
- **PARTE 2: VALORACIÓN DE ENTORNO 3D EN COMPUTADOR**
- **PARTE 3: VALORACIÓN COMPARATIVA DE MAQUETA Y ENTORNO 3D**

Datos de control (No llenar esta parte):

Encuestador		Lugar	
--------------------	--	--------------	--

Fecha de la encuesta		Hora de la encuesta	
-----------------------------	--	----------------------------	--

PARTE 1: VALORACION DE MAQUETA FÍSICA						
Valore su percepción de las siguientes características en la maqueta presentada ante usted						
Nº	Pregunta	Muy mal	Mal	Neutro	Bien	Muy bien
01	Forma /Dimensión Exterior la percepción de la forma y dimensiones del edificio es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Forma /Dimensión Interior la percepción de la forma y dimensiones de las habitaciones es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Escala / proporción <i>¿Cómo Percibe la Escala o tamaño del 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Color <i>¿Cómo percibe el color en la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Material <i>¿comprende los materiales representados en la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Iluminación <i>¿Percibe adecuadamente la Iluminación natural?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Vegetación <i>¿Se aprecia bien la Vegetación en la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Espacio /Recorrido <i>¿Entiende las circulaciones del proyecto (Pasillos, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	Función <i>¿Entiende la función de los espacios (oficina, baños, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Realismo / Precisión <i>¿Qué tan Realista es la maqueta que observa?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Muy poco	Poco	Neutro	Mucho	Bastante
11	Impacto / impresión <i>¿Qué impacto le causa la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Profesionalidad <i>¿Qué tan profesional se ve la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Originalidad <i>¿Qué tan original es la maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Complejidad / Comodidad <i>¿es complejo / cómodo Visualizar esta maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Tiempo <i>¿Cuánto tiempo cree que toma hacer esta Maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Muy poco	Poco	Neutro	Mucho	Bastante
16	¿En general cuanto le gusta esta Maqueta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARTE 2: VALORACIÓN DE ENTORNO 3D						
Valore su percepción de las siguientes características en el entorno 3D presentado ante usted						
Nº	Pregunta	Muy mal	Mal	Neutro	Bien	Muy bien
01	Forma /Dimensión Exterior la percepción de la forma y dimensiones del edificio es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Forma /Dimensión Interior la percepción de la forma y dimensiones de las habitaciones es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Escala / proporción <i>¿Cómo Percibe la Escala o tamaño del 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Color <i>¿Cómo percibe el color en el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Material <i>¿comprende los materiales representados en el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Iluminación <i>¿Percibe adecuadamente la Iluminación natural?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Vegetación <i>¿Se aprecia bien la Vegetación en el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Espacio /Recorrido <i>¿Entiende las circulaciones del proyecto (Pasillos, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	Función <i>¿Entiende la función de los espacios (oficina, baños, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Realismo / Precisión <i>¿Qué tan Realista es el 3D que observa?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Muy poco	Poco	Neutro	Mucho	Bastante
11	Impacto / impresión <i>¿Qué impacto le causa el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Profesionalidad <i>¿Qué tan profesional se ve el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Originalidad <i>¿Qué tan original es el 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Complejidad / Comodidad <i>¿es complejo / cómodo Visualizar este 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Tiempo <i>¿Cuánto tiempo cree que toma hacer este 3D?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Muy poco	Poco	Neutro	Mucho	Bastante
16	¿En general cuanto le gusta este Entorno 3D?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARTE 3: VALORACIÓN COMPARATIVA DE MAQUETA Y ENTORNO 3D						
Compare su percepción de las siguientes características entre la maqueta y el entorno 3D presentados ante usted						
Nº	Pregunta	Mucho mejor en maqueta	Mejor en maqueta	Igual en Ambas	Mejor en 3D	Mucho mejor en 3D
01	Forma /Dimensión Exterior la percepción de la forma y dimensiones del edificio es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Forma /Dimensión Interior la percepción de la forma y dimensiones de las habitaciones es...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Escala / proporción <i>¿Cómo Percibe la Escala o tamaño?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Color <i>¿Cómo percibe el color?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Material <i>¿comprende los materiales representados?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Iluminación <i>¿Percibe adecuadamente la Iluminación natural?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Vegetación <i>¿Se aprecia bien la Vegetación?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Espacio /Recorrido <i>¿Entiende las circulaciones del proyecto (Pasillos, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	Función <i>¿Entiende la función de los espacios (oficina, baños, etc)?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Realismo / Precisión <i>¿Qué tan Realista se ve?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Mucho más en maqueta	Más en maqueta	Igual en ambas	Mas en 3D	Mucho más en 3D
11	Impacto / impresión <i>¿Qué impacto le causa?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Profesionalidad <i>¿Qué tan profesional se ve el trabajo?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Originalidad <i>¿Qué tan original es?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Complejidad / Comodidad <i>¿es complejo / cómodo Visualizar esta maqueta?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Tiempo <i>¿Cuánto tiempo cree que toma hacerlo?</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nº	Pregunta	Maqueta	3D
16	¿En general le gusto más la maqueta o el entorno 3D?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Opinión General escrita (Opcional)
