

RENDERIZADO EN TIEMPO REAL EN LA VISUALIZACIÓN ARQUITECTÓNICA

ALUMNO: FERNANDO BALEA DOMÍNGUEZ
TUTOR: JOSÉ ANTONIO VÁZQUEZ RODRÍGUEZ



Trabajo Fin de Grado
Renderizado en tiempo real
en la visualización arquitectónica

FERNANDO BALEA DOMÍNGUEZ

Referencia: Renderizado en tiempo real
Tutor: José Antonio Vázquez Rodríguez
Curso Académico: 2020/2021
Fecha de entrega: 24/06/2021
Grado en Estudios de Arquitectura

ÍNDICE

0.	Resumen	6
1.	Introducción	8
2.	Historia del renderizado	12
	Desde Sketchpad hasta el presente	
3.	Motores de render	16
	¿Qué es un render?	
	Aplicaciones y características de los tipos de render	
4.	Ventajas del renderizado en tiempo real	20
	Comparativa de exteriores e interiores	
	Renderizado offline vs renderizado en tiempo real, caso Blender	
5.	Archviz y postproducción	26
	Architectural visualization: ARCHVIZ	
	Más allá del fotorrealismo	
6.	El renderizado en tiempo real en el proceso arquitectónico	30
	La visualización arquitectónica como elemento de apoyo al diseño	
	Análisis del lugar, entorno	
	Fase de proyecto	
	Renderizado en tiempo real como soporte en la toma de decisiones	
	Materiales PBR	
7.	Oportunidades del renderizado en tiempo real	40
	El renderizado en tiempo real dentro de la metodología BIM	
	Unreal Engine en la visualización arquitectónica	
	El renderizado en tiempo real en la construcción	
8.	Conclusiones	48
9.	Anexo	52
	Recopilación de noticias sobre el renderizado en tiempo real	
10.	Bibliografía	58

RESUMO

A visualización da arquitectura está en constante evolución, aparecendo novas técnicas e ferramentas para comprender e transmitir proxectos a través de diferentes soportes.

A invención da perspectiva lineal no Renacemento ou a axonometría empregada polo Movemento Moderno na arquitectura, foron dous elementos que transformaron esta representación.

Nos últimos anos, as ferramentas de CAD e os motores de renderizado alteraron o panorama da visualización arquitectónica e, dentro destes últimos, o renderizado en tempo real é un gran aliado no proceso de deseño, permitindo ao arquitecto interactuar ao instante co seu modelo virtual e tomar decisións sobre o proxecto a escala 1:1.

Esta nova técnica de visualización permite a inmersión no proxecto antes e durante a súa construción e abre o camiño a novas posibilidades para o deseño e o proceso de xestión da arquitectura.

Visualización, Renderizado, Tempo-Real, Ferramenta, Deseño

RESUMEN

La visualización de la arquitectura está en constante evolución, apareciendo nuevas técnicas y herramientas para entender y transmitir los proyectos a través de diferentes medios.

La invención de la perspectiva lineal en el Renacimiento o la axonometría utilizada por el Movimiento Moderno en la arquitectura, fueron dos eventos que transformaron esta representación.

En los últimos años, las herramientas de CAD y los motores de renderizado han alterado el panorama de visualización arquitectónica, y dentro de estos últimos, el renderizado en tiempo real es un gran aliado al proceso de diseño, permitiendo al arquitecto interactuar instantáneamente con su modelo virtual y tomando decisiones sobre el propio proyecto a escala 1:1.

Esta nueva técnica de visualización permite la inmersión en el proyecto antes y durante su construcción y abre el camino a nuevas posibilidades para el proceso de diseño y gestión de la arquitectura.

Visualización, Renderizado, Tiempo-Real, Herramienta, Diseño

ABSTRACT

The visualization of architecture is constantly evolving, appearing new techniques and tools to understand and transmit projects through different media.

The invention of linear perspective in Renaissance or axonometry used by the Modern Movement in architecture, were two events that transformed this representation.

In recent years, CAD tools and render engines have altered the architectural visualization landscape, and within the latter, real-time rendering is a great ally to the design process, allowing the architect to interact instantly with his virtual model and making decisions about the Project itself at 1:1 scale.

This new visualization technique allows immersion in the Project before and during its construction and opens the way to new possibilities for the process of design and management of architecture.

Visualization, Rendering, Real-Time, Tool, Design

INTRODUCCIÓN

La constante evolución de la tecnología y las posibilidades actuales de adquirir distintos dispositivos de gran potencia a precios asequibles están abriendo nuevas puertas en distintos campos profesionales.

Durante las últimas décadas la arquitectura también ha sido afectada por este hecho, mediante la aparición de distintos programas informáticos que ayudan al arquitecto en el proceso de diseño. Una de estas herramientas es el renderizado de modelos virtuales para generar imágenes o videos que ayuden a transmitir la idea de proyecto.

Cuando se habla de la aplicación del renderizado y el modelo virtual en la arquitectura es importante dejar clara su relación con otros medios de representación más tradicionales, tal y como se aborda en el siguiente artículo:

PLATAFORMA ARQUITECTURA

-CLASES VIRTUALES: ¿PODRÁN LOS MODELOS 3D Y RENDERS REEMPLAZAR A LAS MAQUETAS Y LOS DIBUJOS A MANO?

Durante el año 2020 la enseñanza ha tenido que reinventarse hacia medios digitales, y los profesionales han tenido que adaptarse al teletrabajo. Este hecho ha obligado a explorar nuevas vías en el ámbito de la arquitectura. Ante la imposibilidad de interactuar presencialmente mediante dibujos y maquetas, se estableció la representación digital como elemento de transmisión del proyecto en muchos casos.

Al igual que se defiende en el artículo, esta posibilidad de transmisión de proyectos mediante medios informáticos es un proceso cada vez más presente en el campo de la arquitectura, por pura optimización temporal.

Sin embargo, este hecho no implica la eliminación del dibujo a mano alzada y/o la creación de maquetas en el proceso de diseño. De hecho, en numerosas ocasiones se plantea la comparación entre el dibujo asistido por ordenador y el modelado virtual con el dibujo a mano y las maquetas físicas, cuando realmente no tiene porqué ser comparable.

El renderizado y la creación de entornos virtuales son un apoyo al proceso arquitectónico, al igual que lo son las maquetas y los bocetos o las reflexiones escritas. Es indiscutible que estos medios constituyen una herramienta muy potente que permite optimizar procesos y tiempos en la creación de proyectos.

1. Plataforma Arquitectura – Clases virtuales: ¿Podrán los modelos 3D y renders reemplazar a las maquetas y dibujos a mano?
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960147/clases-virtuales-podran-los-modelos-3d-y-renders-reemplazar-a-lasmaquetas-y-los-dibujos-a-mano> (consultada el 3 de mayo de 2021)

En este trabajo se expondrán las distintas posibilidades que ofrece este nuevo tipo de herramientas en el proceso del diseño y de la visualización arquitectónica. Partiendo de un breve recorrido histórico a través de las tecnologías de representación virtual de la arquitectura, se explicará la evolución de las mismas y su situación actual.

Posteriormente se definirán los diferentes tipos de renderizados que existen en la actualidad y se realizará una comparación entre distintos tipos de renderizado y motores de render. A continuación, se planterán diferentes posibilidades del renderizado en tiempo real en la visualización arquitectónica en una primera aproximación como imagen de proyecto y, más adelante, como herramienta de apoyo al diseño arquitectónico en diferentes fases del mismo y como herramienta dentro de la metodología BIM.

Por último, se enunciarán diferentes aplicaciones del renderizado en tiempo real como soporte de las tecnologías de renderizado inmersivo en realidad aumentada y realidad virtual (AR/VR) y su aplicación en el mundo de la arquitectura y la construcción.

Desde Sketchpad hasta el presente

Para comprender la manera en la que se introdujo el renderizado como forma de la representación arquitectónica, es bueno comprender el origen de la computación gráfica y su rápida evolución con el paso del tiempo.

Este origen tiene lugar en el año 1963, el informático Ivan Sutherland, como parte de su tesis doctoral en el MIT; crea la primera interfaz gráfica: *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*.¹ Este software permitía dibujar en un entorno informático, a través de un lápiz óptico y una serie de teclas con funciones asignadas como borrar, mover, etc. A mayores, abrió las puertas a distintas disciplinas como el modelado virtual tridimensional, el diseño asistido por computadora (CAD), las simulaciones visuales...²

Entre 1968 y 1974, Sutherland ejerce de profesor en la universidad de Utah, la cual se convirtió en la “incubadora” de los avances en computación gráfica de la época.³

Es aquí donde, en 1968, uno de los alumnos de Sutherland, Gordon Romney, el primer estudiante de doctorado en computación gráfica⁴, crea el Cubo Soma; este es el primer objeto complejo renderizado y coloreado, está basado en un puzle de Piet Hein de 1933 y su complejidad se traslada a una vista informática en la que se genera tanto el cubo compacto, como explotado en sus piezas.⁵

Posteriormente, en la década de los 70, tienen lugar una serie de acontecimientos que sientan las bases del renderizado moderno, y de su posible aplicación en el ámbito arquitectónico.

En 1972, Edwin Catmull, Co-fundador de Pixar⁶, crea la primera película de animación 3D mediante el renderizado de un modelo virtual de su propia mano.⁷ Esto permitió grandes avances en el mundo de la animación y de los videojuegos.

1. Ivan Sutherland Creates the First Graphical User Interface

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=1027> (consultada el 12 de abril de 2021).

2. Sketchpad – Complete History of the Sketchpad Computer Program

<https://history-computer.com/sketchpad-complete-history-of-the-sketchpad-computer-program/> (consultada el 12 de abril de 2021)

3. Wikipedia - Ivan Sutherland

https://en.wikipedia.org/wiki/Ivan_Sutherland (consultada el 12 de abril de 2021)

4. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

5. FIRST RENDERING – A history of 3D rendering through a look at the contributions of Gordon Romney, Alan Erdahl, Edwin Catmull and James Blinn

<https://firstrender.net/> (consultada el 12 de abril de 2021)

6. Wikipedia – Edwin Catmull

https://en.wikipedia.org/wiki/Edwin_Catmull (consultada el 12 de abril de 2021)

7. The First 3D Rendered Movie

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3560> (consultada el 12 de abril de 2021)

El problema de la mano creada por Ed. Catmull y los objetos virtuales de esa época era su creación mediante polígonos simples, sin embargo, en 1975, Martin Newell, estudiante de Utah, plantea como parte de su doctorado, la creación de un objeto complejo que le permitiese experimentar con elementos de sombras, texturas, curvas...⁸ nace así la tetera de Utah, un elemento icónico en el mundo de la animación y el renderizado, que se convirtió a mayores, en el símbolo de renderizado en programas como Autocad o Vray.⁹

El siguiente paso en la historia del renderizado tiene que ver con la arquitectura de manera más directa. En los años 80 comienza una nueva etapa en la representación de arquitectura, Jim Blinn abre una nueva posibilidad hacia el renderizado de arquitectura mediante los conceptos de mapas de texturas.¹⁰ Es en esta época en la cual, numerosos arquitectos como Zaha Hadid, Peter Eisenman¹¹ o Frank Gehry empiezan a generar imágenes y modelos virtuales de arquitectura para poder representar unas nuevas arquitecturas, las cuales no eran fácilmente transmitibles por los procedimientos tradicionales de representación arquitectónica.¹²

En los años 90, programas como 3DStudio, Vray o Blender permiten incorporar el modelado virtual a la representación arquitectónica, aunque con modelos todavía de baja calidad y muy distantes de la imagen realista.¹³ Un ejemplo de las posibilidades del modelado en 3D dentro de la arquitectura en esta época, es la versión de Allplan de 1992, un software BIM ya enfocado a la arquitectura, que con esta versión permitía la visualización de edificios complejos en tres dimensiones.¹⁴

Durante la primera década de los 2000 fueron asentándose cada vez más estos programas en el mundo de la arquitectura y el diseño, debido a la rápida evolución de hardware y software, empezaron a aparecer representaciones cada vez más realistas.¹⁵ Durante esta época, en arquitectura se utilizaba principalmente el renderizado offline, de imágenes fijas; debido a que el renderizado en tiempo real que era utilizado, por ejemplo, en la industria de los videojuegos, requería ciertos conocimientos en programación.

8. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

9. Martin Newell Creates the "Utah Teapot"

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2449> (consultada el 12 de abril de 2021)

10. Ilustraviz – A brief history of 3d rendering

<https://www.ilustraviz.com/a-brief-history-of-3d-rendering/> (consultada el 12 de abril de 2021)

11. Easy Render – A brief history of 3d visualizations

<https://www.easyrender.com/a-a-brief-history-of-3d-visualizations-the-ins-and-outs> (consultada el 12 de abril de 2021)

12. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

13. 3D Modeling In The Architecture And Design Industry: A 30-year Retrospective

<https://archicgi.com/cgi-news/3d-modeling-in-architecture-and-design-30-years/> (consultada el 12 de abril de 2021)

14. Nemetschek – history

<https://www.nemetschek.com/en/company/history> (consultada el 12 de abril de 2021)

15. 3D Modeling In The Architecture And Design Industry: A 30-year Retrospective

<https://archicgi.com/cgi-news/3d-modeling-in-architecture-and-design-30-years/> (consultada el 12 de abril de 2021)

A partir de 2010 el renderizado en tiempo real empieza a tomar fuerza en la visualización arquitectónica cuando, por un lado, se empiezan a crear obras de arquitectura con motores del mundo de los videojuegos (por ejemplo, esta recreación de las termas de Vals de Peter Zumthor¹⁶ de 2010) como Unity o Unreal Engine 4 en la visualización arquitectónica.

Por otro lado, aparecen softwares como Lumion, Enscape o Twinmotion, los cuales son programas de renderizado en tiempo real pensados para su utilización en arquitectura.

Esta transición desde los programas de renderizado offline hacia el renderizado en tiempo real deriva principalmente de la evolución de estos últimos hacia resultados cada vez más fotorrealistas, generando la ventaja de la mayor y más rápida interacción con el modelo sin sacrificar la calidad de la visualización.

En la actualidad, la visualización arquitectónica sigue progresando en este camino de la interactividad y la inmersión, abriendo nuevas posibilidades en la transmisión del proyecto arquitectónico.

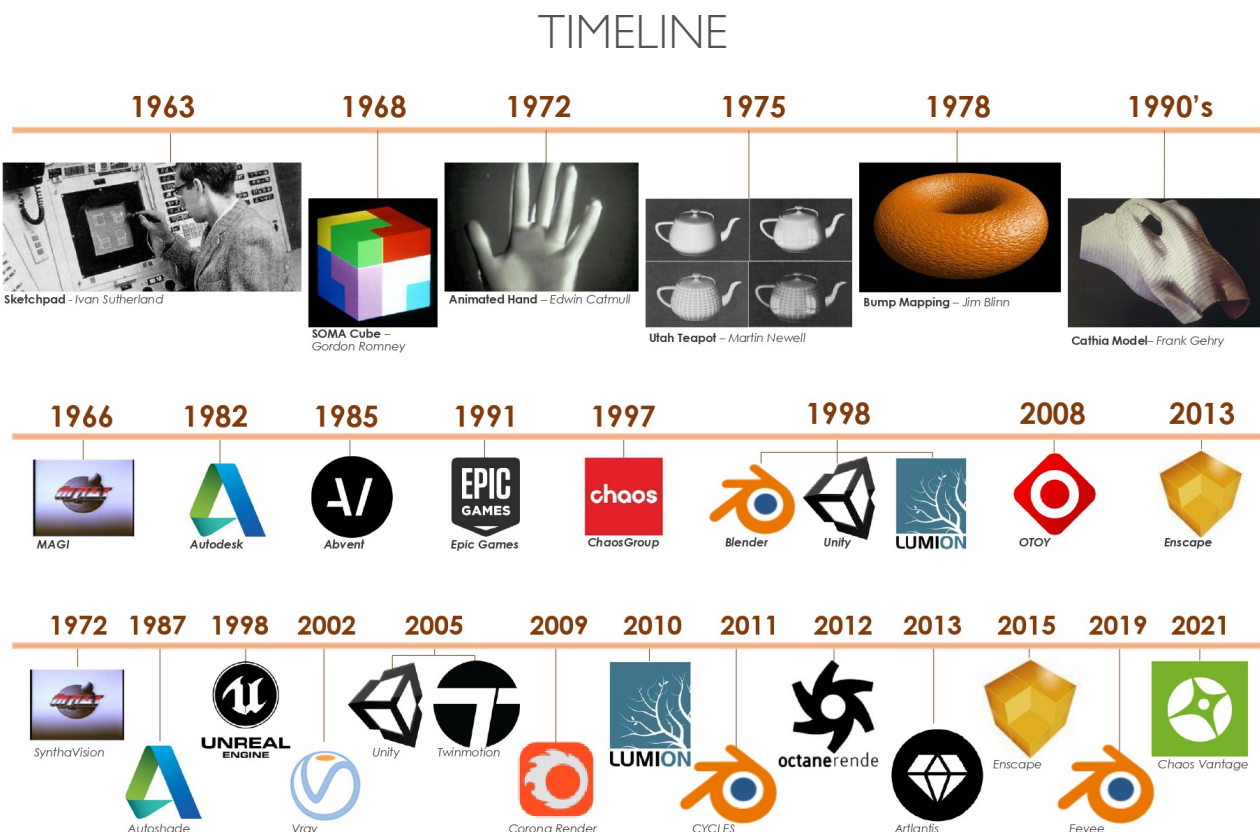


Figura 1 - Timeline de la historia del renderizado y principales compañías y software

16. Zumthor's Thermae of Stone in Source SDK part 5: props
<https://youtu.be/hh4nGEAKm4s> (consultada el 1 de mayo de 2021)

17. Figura 1 – Timeline de los distintos eventos y softwares de la historia del renderizado
 Elaboración propia

MOTORES DE RENDIER

¿Qué es un render?

Por definición, un render es una imagen o video producidos mediante programas informáticos a partir de un modelado virtual, ya sea 2D o 3D¹. La generación de estas imágenes se basa en un proceso que calcula las características de la luz y sus rebotes e interacciones mediante las leyes de la óptica.

Según el proceso por el cual se genera el render, se pueden clasificar en 2 grandes bloques:²

-El **renderizado offline**: es el método de renderizado clásico en arquitectura, por el cual se genera una imagen estática mediante un cálculo de parámetros como la iluminación, la reflexión, los materiales... que permite resultados de gran parecido con la realidad, pero sacrificando la velocidad de trabajo y la interactividad con la imagen.

-El **renderizado en tiempo real**: a diferencia del anterior, la principal característica de este tipo de renderizado es la velocidad del cálculo. Las imágenes se calculan con muchísima velocidad, lo que permite hablar de “frames”. Cada frame es una imagen calculada casi instantáneamente por el motor de render, la sucesión de estas imágenes, al igual que sucede en el cine, genera la sensación de movimiento. El ojo humano por lo general percibe unos 24fps (frames per second), pero, a mayor número de fps, mayor es la interacción que se consigue con el modelo.³

Este método de renderizado es el habitual en el mundo de los videojuegos, ya que permite ahorrar tiempos y optimizar el proceso de generación de entornos virtuales. En la arquitectura está cada vez más implantado por las posibilidades que ofrece a nivel del flujo de trabajo dentro del proceso arquitectónico.

1. Wikipedia - Renderización

<https://es.wikipedia.org/wiki/Renderizaci%C3%B3n> (consultada el 1 de mayo de 2021)

2. Archicgi – Computer 3D Rendering

<https://archicgi.com/cgi-news/computer-3d-rendering/> (consultada el 1 de mayo de 2021)

3. Unity – Renderizado en tiempo real en 3D

<https://unity3d.com/es/real-time-rendering-3d> (consultada el 1 de mayo de 2021)

Aplicaciones y características de los tipos de render

-**Programas de renderizado offline:** La principal característica de estos motores de render es la calidad de la imagen o video generado tras un largo proceso de cálculo.

Estos motores, son utilizados para conseguir imágenes de calidad fotorrealista sin necesidad del proceso de postproducción. Son frecuentemente utilizados dentro de la visualización arquitectónica cuando se necesita una imagen o video, de muy alta calidad, que va a ser utilizada en publicaciones, revistas... Este tipo de motor de render también está muy presente en el mundo de la animación y de los efectos especiales (CGI) donde se utilizan al final del proceso creativo.

Hay diversos programas de renderizado offline, siendo la mayoría de ellos, extensiones de distintos programas de modelado.

El ejemplo más conocido dentro del renderizado arquitectónico de este tipo de motores es Vray, el cual es un “plug-in” de programas como SketchUp, 3dsMax, Maya, Rhinoceros... Otros programas de este tipo son: el Corona Render para 3dsMax u Octane Render que, al igual que Vray, funciona con varios programas, incluidos Revit o Archicad, los cuales son software BIM.

También existen motores de render incluidos dentro de un propio programa de modelado, como es el caso de Cycles y Eevee, siendo ambos motores de render propios de Blender, siendo el primero de renderizado offline y el segundo en tiempo real.



Figura 1 - Vray



Figura 2 - Corona Render



Figura 3 - Cycles

4. Figura 1 – Vray

https://static.chaosgroup.com/gallery_images/images/000/000/411/gallery_image/kaiserboldweekend-retreat-architectu-re-vray-3ds-max-02.jpg?1518069364

Figura 2 – Corona Render

<https://corona-renderer.com/content/gallery/1545-420-Kent.-Repro-Project-by-VisEngine-DigitalSolutions-02.jpg>

Figura 3 - Cycles

<https://www.cycles-renderer.org/wp-content/uploads/2017/11/martin-kovacik-n-001-final-1800x1158.jpg>

-Programas de renderizado en tiempo real: Con este tipo de motores de render, la interactividad con el entorno virtual optimiza los tiempos de renderizado y permite una mayor versatilidad en el uso del renderizado como herramienta de visualización arquitectónica.

Dentro de estos programas de renderizado en tiempo real utilizados en la arquitectura podríamos diferenciar dos bloques: El primero, es el bloque de los motores de renderizado en tiempo real propiamente para el uso en arquitectura. A diferencia de los motores offline, estos programas de renderizado en tiempo real, suelen ser programas diferentes a los de modelado, de este tipo son Lumion, Twinmotion, D5 Render, Chaos Vantage...

Pero hay otros como Enscape o Vray Visions (Un módulo dentro de Vray 5), los cuales funcionan como plug-ins.

-Motores gráficos: Constituyen el segundo bloque de motores en tiempo real. Estos están pensados para el desarrollo de videojuegos, por lo cual no solamente generan renderizado en tiempo real sino que ofrecen, a mayores, distintas herramientas para la creación de los mismos.

Los motores como Unity o Unreal Engine, cada vez se utilizan más en el mundo de la arquitectura ya que están más optimizados que los programas de renderizado puramente arquitectónicos.



Figura 4 - Lumion



Figura 5 - Enscape

5. Figura 4 – Lumion

https://www.lumion.es/wp-content/uploads/2020/11/teaser3_1920x1080-bc.jpg

Figura 5 – Enscape

https://enscape3d.com/wpcontent/uploads/2019/09/lasse_herbo_madsen_steen_palsboell_architects.jpg

VENTAJAS DEL RENDERIZADO

EN TIEMPO REAL

Comparativa de renderizados exteriores e interiores

Una vez definidos los tipos de renderizado y las distintas posibilidades de los mismos, es interesante plantear una comparación entre programas de renderizado offline y programas de renderizado en tiempo real, así como las distintas cualidades que presentan diferentes motores de render.

Esta comparación se va a plantear desde el punto de vista de la imagen final que genera cada tipo de render en diferentes programas, sin ser sometida a procesos de postproducción en programas de retoque fotográfico.

Para esta comparación, se ha planteado un análisis del tipo de renderizado de un exterior y un interior de arquitectura, mediante los programas de Vray, Enscape, Twinmotion y Lumion.

Antes de empezar, la elección de estos 4 programas permite la comparación del mismo modelo desde 3 puntos de vista: por un lado se encuentra Vray, un programa de renderizado offline que funciona como plugin de los software de modelado, en este caso, es Vray para Sketchup.

Por otro lado, Enscape, al igual que Vray, funciona como plugin de ciertos programas: como Sketchup, Archicad, etc; sin embargo, a diferencia del anterior, es un motor de renderizado en tiempo real.

Por último, están Twinmotion y Lumion, ambos son programas independientes de renderizado en tiempo real pensados para la visualización arquitectónica. En el caso de Twinmotion, está basado en el motor gráfico Unreal Engine 4, permitiendo la posibilidad de trasladar cualquier modelo renderizado en Twinmotion al propio motor de Unreal.

Renderizado exterior

Las 4 imágenes se generan con los materiales y la vegetación propios de los distintos motores. El encuadre y la fecha y hora de la iluminación son los mismos en todos los ejemplos.

Es notable la diferencia de calidad de la imagen y la iluminación de la imagen generada por Vray frente a las realizadas en los programas de renderizado en tiempo real. El cálculo de las características físicas de los distintos materiales en contacto con la luz de los motores de renderizado offline es mucho más preciso que en los motores de renderizado en tiempo real.

El mayor problema del renderizado offline se presenta en el tiempo de cálculo, al partir de un mismo modelo 3d, la implementación tanto de la vegetación como de los materiales se realiza en un período de tiempo similar en todos los casos. Sin embargo, al generar la imagen, tanto Enscape como Twinmotion y Lumion permiten la visualización del modelo renderizado casi instantáneamente, y el proceso de cálculo al exportar la imagen no conllevó más de dos minutos en ninguno de los tres casos. Por su parte, el proceso de cálculo de la imagen sacada de Vray tardó 2 horas y 28 minutos.



Figura 1 - Exterior Vray



Figura 2 - Exterior Enscape

1. Figura 1 – Exterior renderizado con Vray

Elaboración propia

Figura 2 – Exterior renderizado con Enscape

Elaboración propia

Tanto Twinmotion como Enscape, generan imágenes de menor realismo, muy marcadas por la excesiva iluminación de la imagen (para esta comparación, se ha modificado el menor número de parámetros relativos a la iluminación, para no influir en el resultado final de las imágenes). La ventaja de este tipo de motores de renderizado es otra, la facilidad de modificar tanto el modelado como los materiales, iluminación, posición de la cámara; gracias a la elevada rapidez del renderizado.

En cuanto a Lumion, el resultado es más cercano al conseguido con Vray, la implantación de mapas HDRI (*imágenes 360° que se aplican en programas de renderizado para generar fondos, generalmente son fotografías de cielos que trasladan las condiciones de iluminación de la imagen al propio programa*), permite una iluminación más realista del modelo. A mayores, con antelación a la exportación de la imagen, se pueden definir una serie de filtros y modificadores para un primer retoque fotográfico.



Figura 3 - Exterior Enscape



Figura 4 - Exterior Lumion

2

2. Figura 3 – Exterior renderizado con Twinmotion

Elaboración propia

Figura 4 – Exterior renderizado con Lumion

Elaboración propia

Renderizado interior

En cuanto a los renderizados de interiores, el resultado es parecido al exterior. Al igual que con el renderizado de los exteriores, se ha intentado modificar el menor número de parámetros relativos a la iluminación. Se puede observar que tanto Lumion, como Enscape y Vray, generan una escena mucho menos luminosa que la renderizada desde Twinmotion.

Al igual que con los exteriores, el renderizado desde Lumion es el más cercano al de Vray, con una iluminación mucho más controlada.

Tras esta comparación, se puede observar la diferencia entre los tipos de motores de render, la calidad de las imágenes realizadas en Vray en cuanto a su aspecto fotorrealista, en temas de iluminación, materiales, reflejos, etc; es mucho mayor a la de los motores en tiempo real.

Sin embargo, el tiempo de cálculo necesario en estas imágenes puede llegar a ser contraproducente: si un renderizado de una sola imagen, de un exterior de una vivienda unifamiliar necesita dos horas y media.

Cuando se trate de un modelo mucho más complejo, de mayores dimensiones, con elementos de mobiliario urbano y numerosos eventos ocurriendo en la imagen, el tiempo de realización de la misma es inviable.

Por otra parte, tanto Lumion como Twinmotion, generan todas las imágenes que puedan interesar de un proyecto en apenas unos minutos.



Figura 5 - Interior Vray



Figura 6 - Interior Enscape



Figura 7 - Interior Twinmotion



Figura 8 - Interior Lumion

3. Figura 5 – Interior renderizado con Vray

Elaboración propia

Figura 6 – Interior renderizado con Enscape

Elaboración propia

Figura 7 – Interior renderizado con Twinmotion

Elaboración propia

Figura 8 – Interior renderizado con Lumion

Elaboración propia

Renderizado offline vs renderizado en tiempo real, caso Blender

Al igual que en el punto anterior, se realiza una nueva comparación. En este caso, mediante el programa Blender, se renderiza un mismo modelo con una iluminación generada artificialmente para reproducir las condiciones de iluminación de un estudio de fotografía.

A diferencia de los casos anteriores, Blender no es un motor de renderizado, sino un programa multifunción, que permite desde el modelado, hasta la edición de video, renderizado, etc... Este programa incluye dos motores de renderizado dentro del mismo, uno de ellos es Cycles (renderizado offline) y el otro es Eevee (renderizado en tiempo real).

Lo interesante del uso del mismo software para la comparación de ambos tipos de renderizado es la posibilidad de generar una escena exactamente idéntica, con los mismos materiales, iluminación, etc... renderizada con dos motores diferentes.

Es en esta comparación en la cual se percibe mejor esa diferencia de iluminación.

La escena renderizada con Cycles (motor de renderizado offline) genera una iluminación mucho más realista, como se puede ver entre los cojines del sofá, generando un mayor número de rebotes de la luz, a cambio de calcular durante media hora.

Pero, el nivel de calidad del renderizado con Eevee (motor en tiempo real), es perfectamente sustituible por el posterior retoque fotográfico.

El renderizado en tiempo real, como se puede observar en estas comparaciones, cada vez es más potente y cercano al fotorrealismo. La evolución de este tipo de tecnología genera una competencia al renderizado offline que cada vez es mayor, teniendo en cuenta que permite una interacción inmediata con el modelo y que posibilita la realización de cambios instantáneamente en el mismo, desde la iluminación hasta los materiales o el encuadre de la cámara.



Figura 9 - Blender Cycles



Figura 10 - Blender Eevee

4

4. Figura 9 – Renderizado con Cycles

Elaboración propia

Figura 10 – Renderizado con Eevee

Elaboración propia

Architectural Visualization: ARCHVIZ

El término archviz engloba todo tipo de representación de arquitectura mediante medios informáticos. No se trata de la visualización arquitectónica en el sentido clásico: planos, perspectivas, bocetos... sino del nuevo enfoque de la misma gracias a las nuevas tecnologías.

Este nuevo tipo de visualización no se limita solamente a la idea estandarizada del renderizado, por ejemplo, como imagen de venta del proyecto; sino que, como define Jeff Mottle, fundador de CGarchitect: "...abarca desde la generación de imágenes hasta películas, VR/AR o aplicaciones"¹

Sin embargo, también es importante estudiar el caso de la generación de imágenes como visualización arquitectónica mediante la transmisión de una idea de proyecto en formato imagen renderizada. Para esto, es necesario comprender el panorama actual de representación arquitectónica como imágenes de venta de proyecto; y como afecta en este proceso el renderizado en tiempo real, el cual optimiza el flujo de trabajo, pero sacrifica el "realismo" de las imágenes generadas (véase capítulo 3).

Más allá del fotorrealismo:

Al igual que con la aparición de la fotografía numerosos artistas se alejaron del realismo en el campo de la pintura y decidieron explorar nuevas posibilidades de expresión.

En el campo del renderizado está sucediendo un proceso similar: la evolución constante de los equipos informáticos y la gran mejora en los motores de renderizado en los últimos años están generando una corriente de visualización arquitectónica cada vez más expresiva. Hoy en día, ha llegado el punto en el que cualquiera puede generar con programas gratuitos, una imagen o vídeo con un realismo suficiente como para poder transmitir el proyecto.

Ante esto, grandes estudios de renderizado, como MIR, Labtop, o Luxigon están enfocando su trabajo en un camino más artístico. Según una declaración de MIR en una entrevista: *"Pronto, cualquiera podrá producir una imagen fotográfica real de la arquitectura. Este hecho nos empuja a desarrollar aún más nuestras habilidades en retórica visual y comunicación, que en realidad es de lo que se trata este negocio."*²

1. Creative bloq – Archviz: everything you need to know

<https://www.creativebloq.com/features/archviz-everything-you-need-to-know#:~:text=Archviz%20is%20one%20of%20the,mysterious%20and%20often%20daunting%20area>. (consultada el 9 de mayo de 2021)

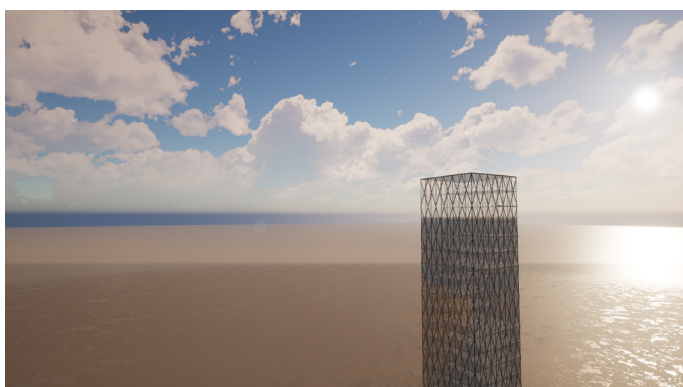
2. Ronen bekerman – Interview with MIR

<https://www.ronenbekerman.com/interview-with-mir/> (consultada el 9 de mayo de 2021)

Un ejemplo de este segundo tipo es la mejoría gráfica que presenta el videojuego GTA V tras la aplicación de una inteligencia artificial para generar un resultado hiperrealista de la iluminación y las texturas.⁵

Este método de trabajo dentro del Archviz ha permitido la implementación de nuevas maneras de renderizado dentro del campo de la generación de imágenes o vídeos de arquitecturas virtuales.

Gracias a esto, los motores como lumion o twinmotion empiezan a competir a nivel de implementación dentro de estudios de arquitectura o renderizado. La gran interactividad en tiempo real con el modelo permite hacer grandes cambios a la hora de exportar un archivo renderizado, ya sea imagen o video, de manera casi instantánea.



Figuras 3, 4 y 5 - Proceso de implantación y postproducción de un modelo renderizado en tiempo real

5. Enchancing Photorealism Enhancement
<https://youtu.be/P1lcaBn3ej0> (consultada el 9 de mayo de 2021)

6. Figuras 3, 4, 5 – Proceso de implementación de un modelo renderizado en tiempo real dentro de una imagen, y su posterior postproducción

Elaboración propia

La visualización arquitectónica como elemento de apoyo al diseño

El archviz no se limita al proceso de generación de imágenes o videos para transmitir un proyecto o idea terminados sino que cada vez es más utilizado en el propio proceso del proyecto arquitectónico.

Según un artículo de plataforma arquitectura, tras haber realizado una encuesta entre sus lectores, se llega a una conclusión generalizada de que el renderizado no tiene que ser planteado únicamente “como un elemento de venta, sino como un elemento clave en la verificación proyectual”.¹

En este aspecto, la posibilidad de interacción que permiten los motores de renderizado en tiempo real, tanto los destinados a arquitectura: Lumion, Twinmotion o Enscape, como los motores gráficos de videojuegos: Unreal o Unity, entre otros, permiten explorar nuevas posibilidades de implantación de estas nuevas herramientas a lo largo del proceso de diseño.

Algunos estudios internacionales de arquitectura como Zaha Hadid Architects están trabajando ya con softwares como Twinmotion a nivel proyecto, convirtiéndolos en una pieza fundamental en el proceso de diseño, desde los primeros estudios hasta la venta de las ideas a los clientes.²

La utilización de diferentes motores de renderizado, tanto offline como en tiempo real (RTR), permite la posibilidad de trabajar en diferentes etapas del diseño, desde el análisis previo del lugar hasta su utilización durante la construcción, gracias a las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual (AR/VR).

Análisis del lugar, entorno

Actualmente, sobre todo este último año, en el que el teletrabajo y los medios informáticos se convirtieron en un elemento esencial para trabajar, es imprescindible contar con medios digitales que funcionen como apoyo en el propio análisis y trabajo de diseño arquitectónico.

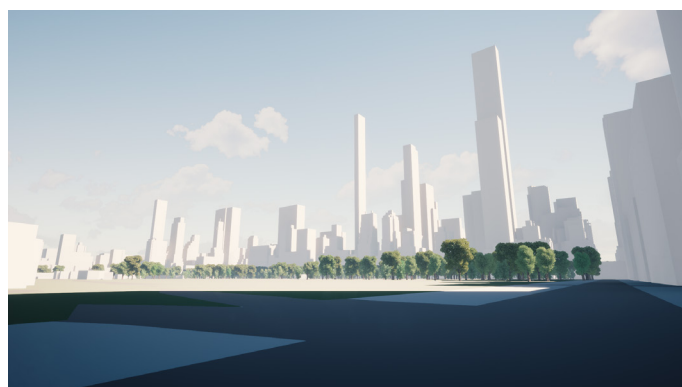
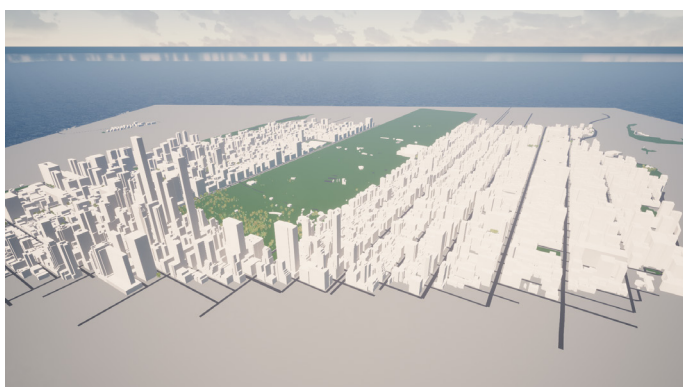
Así como Google Earth o Google Street View sirven para situarte en cualquier parte del mundo instantáneamente, y empezar a comprender el lugar en situaciones en las que es complicado desplazarse hasta él. Existen numerosas herramientas de levantamiento volumétrico de espacios urbanos, tanto Lumion como Twinmotion permiten la posibilidad de generar estos levantamientos directamente desde Open Street Maps para trabajar con el entorno en las primeras aproximaciones.

1. Plataforma Arquitectura – Ya no es esa pieza gráfica que mandamos a hacer...

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960384/ya-no-es-esa-pieza-grafica-que-mandamos-a-hacer-nuestros-lectores-opinan-sobre-renders-en-arquitectura> (consultada el 15 de mayo de 2021)

2. Unreal Engine – Zaha Hadid Architects turns to twinmotion for early design studies

<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/zaha-hadid-architects-turns-to-twinmotion-for-early-design-studies> (consultada el 15 de mayo de 2021)



Figuras 1 y 2 - Manhattan levantado en Twinmotion

3

En estas imágenes previas se puede observar un levantamiento de una parte de Manhattan con Twinmotion el cual fue realizado en apenas 10 minutos.

Este modelo se genera automáticamente con su orientación real y una aproximación en alturas de los edificios desde los datos sacados de los mapas. Posteriormente, se puede geolocalizar el modelo para tener un cálculo real de la incidencia de la luz a lo largo del día y del año.

El mayor problema en cuanto a este levantamiento es la incapacidad, por ahora, desde Twinmotion, de generar una adaptación topográfica del contexto. Como se puede ver a continuación, esta imagen de Santiago de Compostela se genera apoyada en un plano horizontal, aunque se puede simular el relieve mediante las herramientas de modificación del terreno

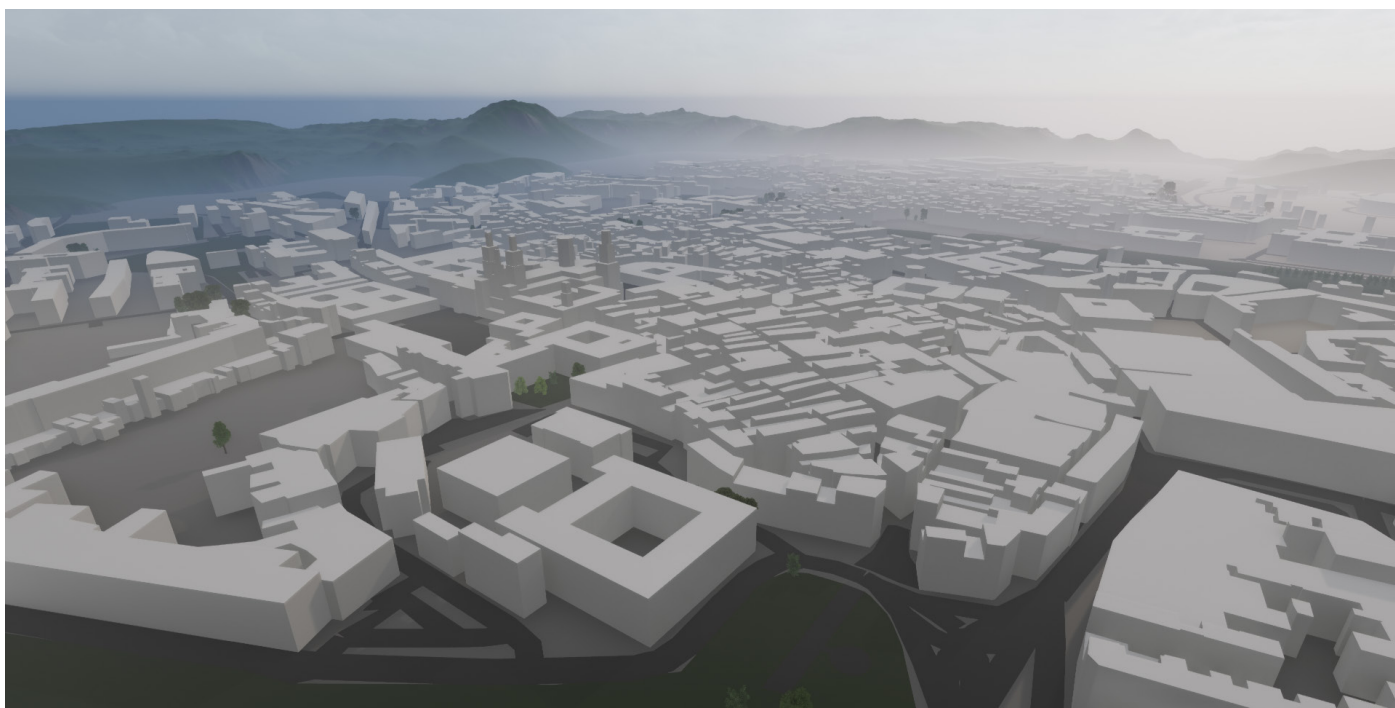


Figura 3 - Santiago de Compostela levantado en Twinmotion

4

3. Figuras 1 y 2 – Levantamiento volumétrico de una parte de la isla de Manhattan desde el programa Twinmotion

Elaboración propia

4. Figura 3 – Levantamiento de Santiago de Compostela en Twinmotion

Elaboración propia

Sin embargo, el software de Lumion permite generar el entorno añadiendo además los mapas de alturas que ofrece Open Street Maps, lo cual genera a mayores esa primera aproximación al relieve que presenta el área en el que se vaya a trabajar.

Con respecto a este punto del levantamiento del terreno, no solo del contexto urbano, cada vez son más frecuentes las herramientas de fotogrametría que permiten un modelado exacto del lugar de intervención, el cual podría ser importado a este tipo de motores de render y trabajar sobre él con esas herramientas de levantamiento urbano y geolocalización.

Otras posibilidades de la implantación de este tipo de software en el proceso de anteproyecto y análisis previo son: la posibilidad de simular condiciones climáticas, situar la vegetación existente, mobiliario urbano, visualizar tráficos de vehículos o peatones y su incidencia en la accesibilidad urbana hacia el proyecto.

Un ejemplo es el siguiente estudio de soleamiento utilizado como análisis previo para un proyecto de intervención en una parcela en una calle contigua a San Andrés para entender la incidencia solar a lo largo del día y del año en la parcela de la intervención y la plaza próxima y entender las sombras generadas por el entorno urbano.



Figura 4 - Estudio de soleamiento a través del programa de renderizado en tiempo real

Fase de proyecto

Una de las herramientas más potentes que ofrecen este tipo de softwares es la posibilidad de interacción con un modelo informático a tiempo real.

A nivel proyecto, esta capacidad de transformación del entorno mediante cambios instantáneos de materiales, clima, vegetación... es un aliado importante a tener en cuenta.

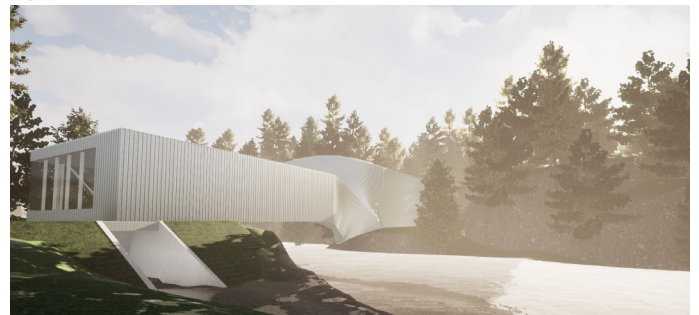
Tanto Lumion como Twinmotion permiten, a mayores, la generación de terrenos dentro del propio programa que posibilitan su creación de manera aproximada a la realidad gracias a su capacidad de introducir distintos materiales de suelos, añadir vegetación, superficies de agua, etc.

Como se puede observar en estas imágenes, las opciones de esculpido y vegetación incorporadas en el software, en este caso Twinmotion; permiten la creación de estos escenarios, siendo el segundo una recreación del entorno de la Twisted Gallery de BIG, levantado a partir de las curvas de nivel dibujadas en los planos y diferentes fotos del lugar.



Figuras 5 y 6 - Terreno en bosque

6



Figuras 7 y 8 -Entorno de la Twisted Gallery de BIG

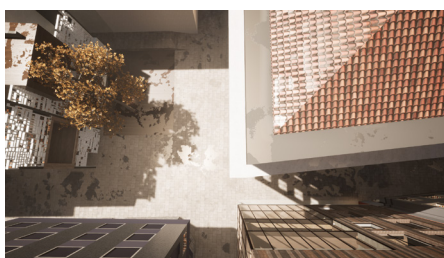
7

6. Figuras 5, 6 – Creación de terreno con Twinmotion

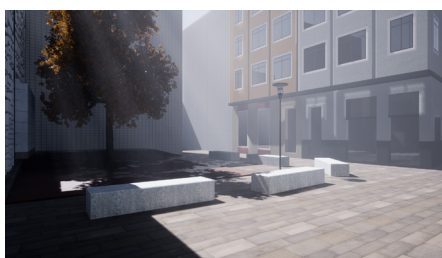
Elaboración propia

7. Figuras 7, 8 – Terreno de la Twisted Gallery de BIG

Elaboración propia



Figuras 9, 10 y 11 - Entorno urbano



8



Figuras 12 y 13 - La transformación del modelo mediante objetos del programa de renderizado

9

Otra posibilidad es la implementación de diferentes objetos incluidos dentro del software de renderizado en tiempo real como puede ser Lumion o Twinmotion que son modificables dentro del propio programa sin necesidad de su modelado previo. Estos programas además permiten la configuración de distintas formas de iluminación con las ventajas que ello supone.

Estos ejemplos muestran esta nueva manera de interactuar con el proyecto a través de las diferentes condiciones meteorológicas, así como la transformación del espacio mediante el mobiliario urbano modificable e intercambiable a tiempo real dentro del programa de renderizado.

Por último, en esta fase de proyecto, es interesante citar el caso de “Real 3D map Osaka”¹⁰. En Japón se está llevando a cabo un levantamiento digital de distintas ciudades a escala 1/1. En este video de Youtube¹¹, se utiliza el programa Twinmotion para recorrer la ciudad de Osaka, mostrando nuevas posibilidades dentro del mundo de la arquitectura, como la posibilidad de poder acceder a un entorno virtual completamente construido, modificable con las sucesivas intervenciones en el mismo y que sirva de apoyo para los proyectos posteriores.

8. Figuras 9, 10, 11 – Renderizado de un conjunto urbano añadiendo mobiliario y vegetación en Twinmotion

Elaboración propia

9. Figuras 12 y 13 – Comparación entre escena en la que únicamente se renderiza el modelo, y otra en la que se añaden estos objetos incorporados en el software de renderizado

Elaboración propia

10. Real 3DMap Osaka

<https://www.cadcenter.co.jp/real3dmap/osaka/> (consultada el 17 de junio de 2021)

11. Youtube – Real 3DMap Osaka Twinmotion

<https://youtu.be/YPtVxM4DoAA> (consultada el 17 de junio de 2021)

Renderizado en tiempo real como soporte en la toma de decisiones

Dentro del proceso de proyecto arquitectónico, el uso de herramientas de renderizado puede ayudar a la toma de decisiones dentro del proyecto.

La rapidez con la que se pueden transformar los modelos en el renderizado en tiempo real hace que sea factible configurar distintos materiales instantáneamente, permitiendo comparar distintas soluciones para un mismo espacio en apenas segundos. Esto no solo se puede aplicar a los materiales sino a todo el proyecto, gestionando distintos elementos en diferentes capas permitiendo una modificación completa del espacio desde el software de renderizado.

En estas imágenes se plantean estas posibilidades de transformación de los espacios en tiempo real y el soporte que ofrece una visualización realista del entorno a la hora de tomar las decisiones de proyecto.



Figuras 14 y 15 - Acabados habitación

12

En las imágenes superiores se plantean distintos acabados para la misma habitación, percibiendo como cambia el espacio si la pared es más oscura, o de un color más llamativo.

Por otra parte, en las imágenes siguientes se proyecta una misma cafetería, pero esta vez, configurando, no solo los materiales de los acabados, sino modificando a su vez el propio mobiliario, dando lugar a dos alternativas diferentes que parten del mismo modelo importado de SketchUp.

Como se puede observar, el uso de los distintos elementos incorporados dentro del software de renderizado consiguen dar distinto carácter a un mismo modelo virtual.



Figuras 16, 17, 18 y 19 - Cafetería posibilidades

13

13. Figuras 16, 17, 18 y 19 – Comparación del mismo modelo de cafetería, transformado según mobiliarios y materiales de Twinmotion, intercambiables a tiempo real

Elaboración propia

Materiales PBR

Un recurso importante para conseguir resultados realistas en distintos softwares de renderizado, tanto offline como en tiempo real, es la utilización y/o creación de los denominados materiales PBR o *Physically Based Rendering Materials*.

Los materiales PBR utilizan diferentes *mapas* (imágenes con texturas que son interpretados por el motor de render para aplicar unas características en concreto al material) sobre un material base para generar los diferentes comportamientos de la luz sobre él.¹⁴

Existen dos métodos de creación de materiales PBR: el de “metal/rugosidad” y el de “especular/brillo”. Ambos métodos generan resultados muy parecidos, variando únicamente la manera de alcanzar el material PBR. La diferencia entre ambos flujos de trabajo reside en los distintos mapas aplicados al material base: en el primero se aplican un mapa metálico y uno de rugosidad, que indican la reflectancia del material base y las irregularidades de la superficie que cambian la forma de reflexión. En el segundo, sobre el material base se aplican un mapa especular para los valores de la reflectancia y uno de brillo que provoca la difusión de la luz en el material.

A mayores, sobre ambos flujos de trabajo aparecen los mapas de oclusión ambiental, desplazamiento y normales, los cuales generan la ilusión de relieves o desplazamientos de la superficie que influyen en los rebotes de la iluminación y las sombras del propio material.¹⁵

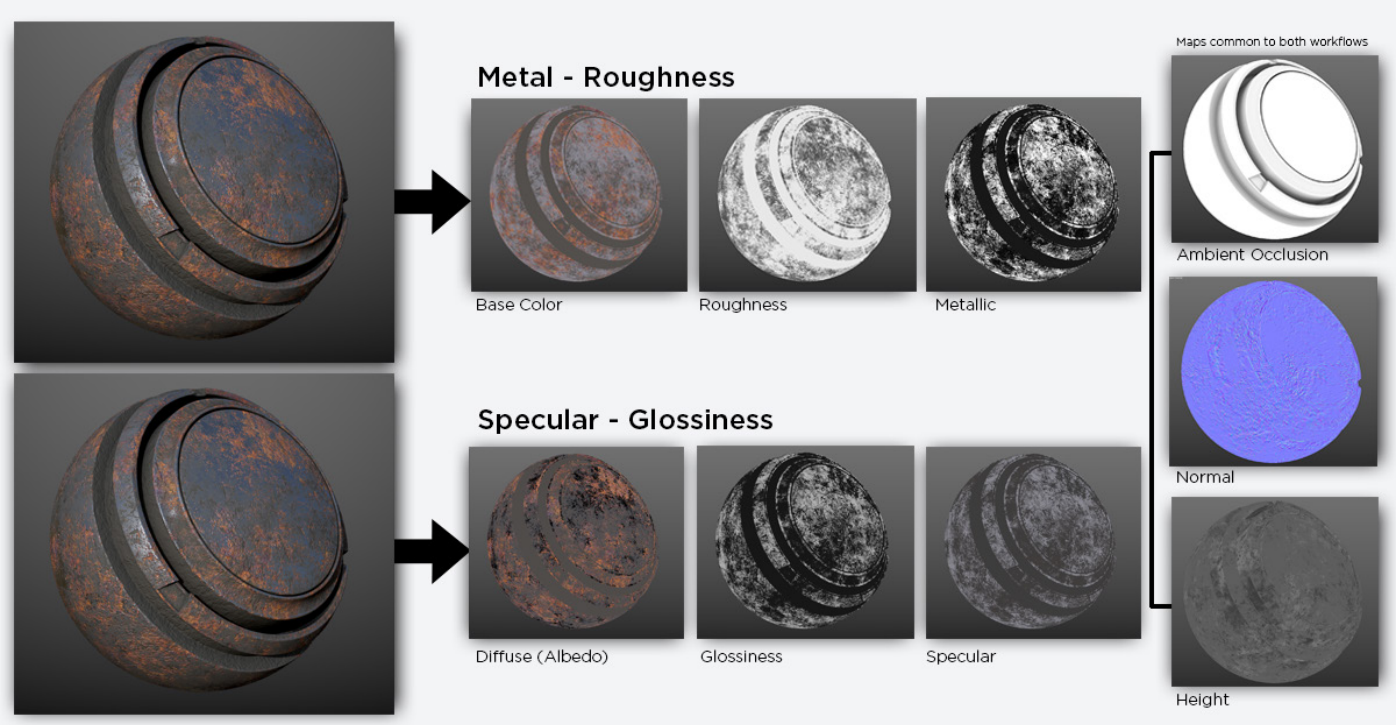


Figura 20 - Metalness/Roughness and Specular/Glossiness

14. Luís António Gomes Tarrafa Ramos, “REAL-TIME 3D ARCHVIZ” (tesis modelo, Instituto Superior de Tecnologías Avanzadas, 2015), 30-32.

15. Substance – The PBR guide part 2

<https://academy.substance3d.com/courses/the-pbr-guide-part-2> (consultada el 17 de junio de 2021)

16. Figura 20 – Flujos de trabajo de los materiales PBR

<https://cdn.allegorithmic.com/images/academy/5fc12cd8-9467-4062-b609-507788d0cbc3>

Normalmente, estos materiales PBR tenían que ser configurados en los motores de render a través de la implantación de todos estos mapas sobre la textura base, teniendo que configurar a mano las características de cada material.

Este proceso de personalización individual de cada material para conseguir un resultado PBR es cada vez menos necesario, excepto en casos puntuales, debido a las asociaciones de Lumion con Poliigon, o Epic Games con Quixel Megascans, lo que permite la implementación directa de materiales PBR de gran calidad dentro del entorno de renderizado, haciendo mucho más asequible su utilización y permitiendo lograr resultados de mayor realismo.

En las imágenes siguientes se pueden observar los materiales PBR. La textura de la piedra de la pared simula, aún siendo una superficie plana, una textura con relieve gracias a los mapas de desplazamiento. También se puede observar este efecto en las distintas piezas de piedra situadas en el jardín o en el suelo de madera del interior.

La ventaja de utilización de estos materiales es la posibilidad de representar elementos con texturas y relieves, sin necesidad de modelarlos. Se puede observar en ambas imágenes como las aristas son aristas vivas, no existe relieve en las mismas, ya que es una ilusión generada por este tipo de materiales en el renderizado.



Figuras 21 y 22 - Materiales PBR

El renderizado en tiempo real dentro de la metodología BIM

Actualmente, en el mundo de la construcción, es frecuente escuchar el término BIM. Según BuildingSmart.com: “Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. [...] El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación.”¹

Esta nueva metodología de trabajo está cada vez más implantada en el mundo de la construcción. Esta circunstancia, así como auge de softwares de código abierto (como Blender) que están desarrollando sus propios softwares BIM, abren la posibilidad en un futuro, de poder generar un proyecto arquitectónico que abarque la gestión desde el anteproyecto hasta el final de la vida útil del edificio, en un único software gratuito.

En el capítulo anterior se han desarrollado diferentes aplicaciones de la visualización arquitectónica en tiempo real dentro del proceso de proyecto. Esta implantación en las diferentes etapas del diseño presenta grandes paralelismos con la forma de trabajar dentro de la metodología BIM y sus diferentes “Levels of Development o LOD”.

Estos LOD, traducidos al español como niveles de desarrollo, definen la cantidad de información del modelo BIM en distintas fases, desde un LOD 100 definido por la envolvente del edificio, hasta un LOD 500 donde cada aspecto del modelo está definido constructivamente.



Figura 1 - Levels of Development

1. BuildingSmart - ¿Qué es BIM?

<https://www.buildingsmart.es/bim/> (consultada el 2 de junio de 2021)

2. Figura 1 – LOD

<https://www.bimnd.es/wp-content/uploads/2017/08/que-es-lod-bim-bimnd.png>

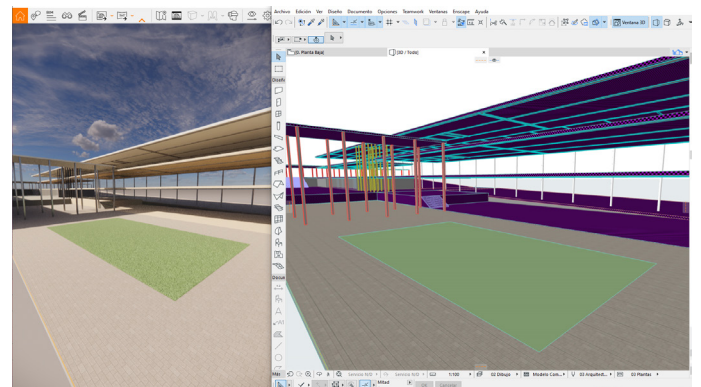
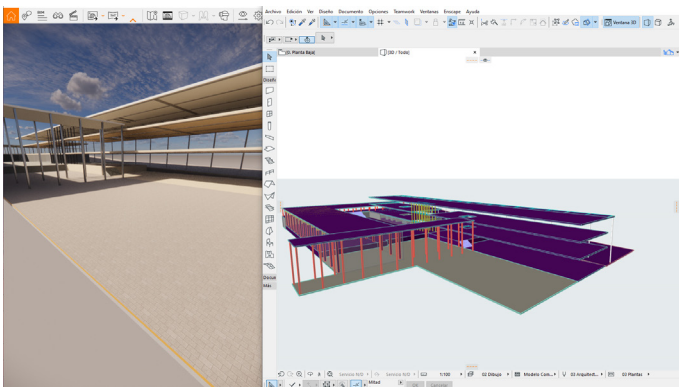
Dentro de esta nueva metodología de trabajo digital, la posibilidad de interoperabilidad de ciertos Softwares BIM con motores de renderizado en tiempo real permite ahorrar costes y tiempos dentro del proceso de proyecto de arquitectura mediante la utilización de un único modelo en el cual se pueden integrar todas las partes del proyecto: estructura, construcción, instalaciones, acabados, renderizado...

Cada vez, son más los estudios de arquitectura que trabajan en un flujo de intercambio de información constante entre estos programas BIM y programas de renderizado.

Este intercambio de información se puede dar de dos maneras, una de ellas es la sincronización entre softwares diferentes mediante plugins como el Datasmith de Twinmotion con Archicad o Revit, o el Lumion LiveSync con Revit. En estos casos, el programa de renderizado y el software BIM funcionan en aplicaciones diferentes.

La otra manera es el renderizado en tiempo real en programas como Enscape, que permite la visualización interactiva sincronizada con el programa de modelado. A continuación se ejemplifica este flujo de trabajo entre BIM y renderizado mediante el plugin de Enscape para Archicad.

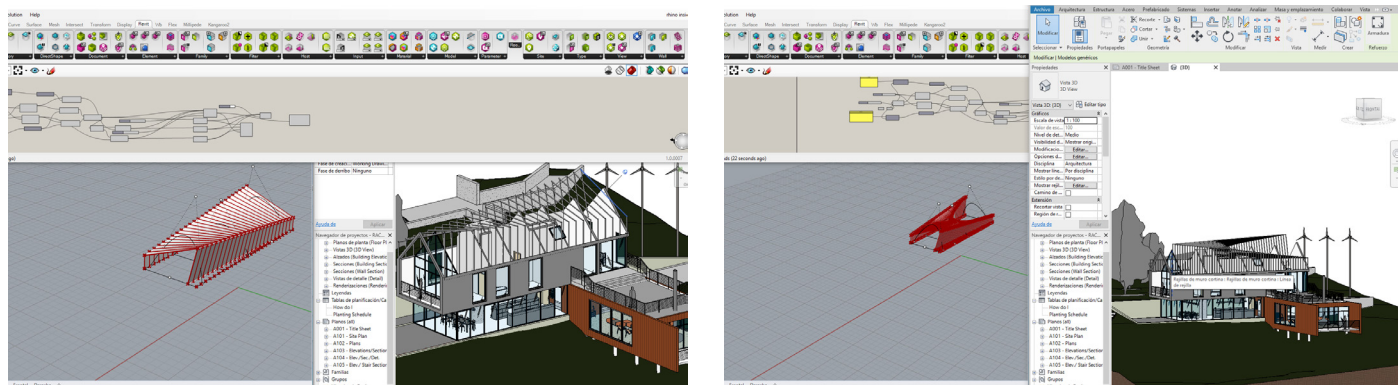
Una característica de Enscape con respecto a su implementación dentro del flujo de trabajo con el programa de modelado, es la opción de sincronizar vistas, la cual permite modificar los elementos del proyecto a la vez que se visualiza en tiempo real el resultado de estas modificaciones.



Figuras 2 y 3 - Vínculo a tiempo real entre Archicad y Enscape

La combinación del software de renderizado en tiempo real con las posibilidades de intercambio de información entre softwares de programación visual (como Grasshopper o Dynamo) y softwares de modelado posibilita la visualización en tiempo real de modelos paramétricos, facilitando el entendimiento, por ejemplo, de la incidencia de la luz a través de una serie de huecos generados según un patrón variable para así conseguir los resultados deseados. Esta interoperabilidad permite un flujo de trabajo directo sin tener que estar importando y exportando archivos entre distintos softwares, lo que en muchas ocasiones genera errores por incompatibilidades entre ellos.

Las imágenes muestran la posibilidad de generación de modelados paramétricos desde el plugin de Rhino Inside Revit. Esta posibilidad de integrar Rhinoceros y Grasshopper dentro de Revit y utilizando el Lumion LiveSync, permite añadir el diseño paramétrico y la metodología BIM al proceso de renderizado en tiempo real, pudiendo gestionar desde un único software todo el proceso de diseño.



Figuras 4 y 5 - Vínculo a tiempo real entre Archicad y Enscape



Figura 6 - Renderizado de modelos paramétricos con Lumion LiveSync

4. Figuras 4 y 5 – Flujo de trabajo de Revit y Rhinoceros

Elaboración propia

5. Figura 6 – Flujo de trabajo de Revit y Lumion

Elaboración propia

Unreal Engine en la visualización arquitectónica

Otra posibilidad de aplicación del renderizado en tiempo real dentro de la metodología BIM, es el desarrollo conjunto del modelo digital con la implementación del Unreal Studio y el plugin de Datasmith, el cual permite una importación directa desde distintos programas como Revit, Archicad, Rhino, Sketchup o incluso Twinmotion con el motor gráfico de Unreal Engine.

En los últimos años, la utilización de Unreal Engine en estudios de arquitectura es cada vez mayor, aunque presenta una mayor curva de aprendizaje que otros programas destinados a la arquitectura como Lumion o Twinmotion. El uso de Unreal Engine permite generar fácilmente, entornos virtuales renderizados en tiempo real, con un mayor control sobre parámetros relacionados con la iluminación, los materiales, el entorno, el retoque fotográfico dentro del propio modelo...

Esta capacidad de Unreal Engine para personalizar más a fondo todos estos parámetros es muy interesante en si misma, sin embargo, la generación de un modelo en Unreal Engine permite posibilidades mucho mayores, ya que al ser un motor gráfico desarrollado para el mundo de los videojuegos, permite una mayor facilidad para exportar modelos virtuales a tecnologías de realidad virtual.

La implementación de la realidad virtual dentro del proceso de proyecto permite la toma de decisiones directamente desde el interior del modelo digital. Como explica Julio Faustino Calleja en BIMrras Podcast, es una tecnología que sirve para plantear y resolver problemas: se puede modificar en el modelo las alturas de ciertos elementos como tuberías, siendo consciente, por ejemplo, de la posibilidad de alcanzar las llaves de paso de manera sencilla; la posibilidad de percibir desde dentro del edificio no construido, ciertos problemas que se puedan dar como posibles reflejos no deseados en las pantallas de los lugares de trabajo; de revisar las dimensiones de los espacios para permitir el paso y maniobra de vehículos; buscar por ejemplo, la mejor posición de las casetas de obra desde el punto de vista de su visibilidad ya sea desde los accesos, desde distintos vehículos, grúas...⁶

Los motores gráficos utilizados dentro de la producción de archviz presentan numerosas ventajas sobre los programas como Lumion o Twinmotion en el renderizado arquitectónico, compitiendo incluso con los resultados obtenidos por Vray o Corona Render.

El funcionamiento del renderizado dentro de Unreal Engine 4, por ejemplo, se basa en la posibilidad de alternancia de tres tipos de iluminación: estática, en tiempo real e híbrida. Al utilizar la iluminación estática, Unreal genera un pre-renderizado de la iluminación de la escena y sobre este se renderiza a tiempo real el resto del modelo.

6. BIMrras Podcast – 076 Unreal Engine para modelos BIM

<https://open.spotify.com/show/6jHwiTMD8MRObCbNbnmt4q?si=8ebaa6767c4a471c>

A la hora de implementar Unreal Engine o Unity como sustitutos de otro tipo de motores de render es importante tener en cuenta las distintas ventajas e inconvenientes que presentan. Por un lado la dificultad a la hora de introducirse en el manejo del programa, el gran abanico de opciones de configuración disponibles y la necesidad de una tarjeta gráfica potente son una barrera a la hora de plantear el uso de estos motores en un inicio. Por otro lado, esta gran personalización de los distintos parámetros, la optimización del motor y la gran calidad de su renderizado consiguen una mayor interactividad con el escenario virtual.

Otro punto a favor de el uso de estos motores es el reciente lanzamiento de la versión de prueba de Unreal Engine 5, el cual implementa nuevas tecnologías como Lumen, que genera una iluminación completamente dinámica o Nanite, que mejora el procesamiento de geometrías muy complejas dentro de un mismo escenario.

Al ser programas pensados para el mundo de los videojuegos, su aplicación en la visualización arquitectónica permite generar entornos virtuales exportables como archivo independiente que posibilitan el recorrido por estos entornos, interactuando en tiempo real modificando ciertos aspectos del propio proyecto como se puede apreciar en algunos videos de youtube.⁷



Figura 7 - Renderizado interior de un modelo de ejemplo de Unreal Engine 4

8

7. Youtube – UE4 Real time Archviz Mont Kiara Apartment
<https://youtu.be/EFgyF6xMES0> (consultada el 22 de junio de 2021)
Youtube – The Definition Of Graphics Insanity! – Unreal Engine 4 (1440p 60fps)
<https://youtu.be/l6GVecXTuqk> (consultada el 22 de junio de 2021)
Youtube – Unreal Engine 5 Archviz Lumen Test #unrealengine5 #ue5 #Lumen
https://youtu.be/cgBYOEj8_Ww (consultada el 22 de junio de 2021)

8. Figura 7 – Renderizado interior con Unreal Engine 4
Elaboración propia

El renderizado en tiempo real en la construcción

En relación con el uso de Unreal Engine, tanto la tecnología de realidad virtual como realidad aumentada se basan en el renderizado en tiempo real para su funcionamiento, ya que un renderizado offline con unas gafas AR o VR no permite la interacción requerida por las mismas. La evolución de los motores de renderizado en tiempo real está permitiendo que distintos sectores relacionados con la arquitectura empiecen a implementar su uso para diferentes actividades relacionadas con el mundo de la construcción.

Hoy en día se están desarrollando numerosas aplicaciones tanto para gafas de realidad aumentada como para dispositivos móviles que permiten, desde medir entornos reales y levantar modelos digitales utilizando únicamente la cámara de un móvil, hasta aplicaciones como GAMMA AR, las cuales superponen modelos BIM sobre el propio edificio, posibilitando la gestión del mismo, tanto en su construcción (mediante la visualización de los distintos elementos constructivos con carácter previo a su colocación) como durante su vida útil, mostrando los mismos “a través” de los distintos paramentos verticales u horizontales.⁹

En cuanto a la realidad virtual, cada vez se está estableciendo más en el mundo del diseño arquitectónico. Así como la realidad aumentada es más práctica en el entorno construido, o en construcción, la realidad virtual tiene mayor utilidad en el proceso previo. Las posibilidades que ofrece la realidad virtual a nivel arquitectura y construcción están más enfocadas en la inmersión de un escenario digital que permite visualizar el proyecto y tomar decisiones sobre el mismo.

Pero la realidad virtual no se limita únicamente a ese aspecto, sino que numerosas empresas están buscando nuevos usos de la misma en otros campos de la arquitectura y de la construcción, enfocando esta tecnología al entrenamiento de trabajadores en materia de seguridad y salud; generando modelos estructurales para comprobar el comportamiento en el entorno virtual o aplicando estas tecnologías inmersivas en el planeamiento urbanístico.

VT-Lab

La empresa de VT-Lab ha creado una plataforma que mejora la comunicación del proyecto a la mano de obra encargada de realizarlo. La empresa nace sobre la idea de mejorar esta comunicación entre ambas partes mediante una aplicación que actúa como “gemelo” del modelo BIM realizado en el estudio de arquitectura o ingeniería. Este “gemelo”, gracias a las tecnologías de realidad aumentada y virtual, permite visualizar este modelo BIM a escala 1:1 en la obra, agilizando el desarrollo de la misma y eliminando posibles barreras a la hora de transmitir el proyecto entre proyectistas y mano de obra.¹⁰

9. Archdaily – 9 Augmented Reality Technologies for Architecture and Construction

<https://www.archdaily.com/914501/9-augmented-reality-technologies-for-architecture-and-construction> (consultada el 19 de junio de 2021)

10. VT-Lab.com

<https://www.vt-lab.com/vt-platform/> (consultada el 19 de junio de 2021)

PixoVR

La empresa PixoVR se dedica a formar profesionales de la construcción. Frente a la escasez de mano de obra cualificada, la solución para tener nuevos profesionales de manera rápida, de menor coste y riesgo y enfocada en un rápido aprendizaje en materia de construcción y seguridad y salud, es entrenarlos con nuevas tecnologías de realidad virtual.

Esta implementación de modelos y situaciones digitales como manera de entrenar a la nueva mano de obra, permite entender los distintos peligros que pueden generarse dentro del proceso de la construcción viviéndolos desde un entorno seguro.

Defienden la mejor retención del aprendizaje, la reducción de los errores y la mejora de la eficiencia del aprendizaje debido a la capacidad sensorial que ofrece la inmersión mediante las gafas de realidad virtual. Las situaciones que se le plantean a los nuevos trabajadores les permiten aprender como actuar en temas relacionados con la protección contra golpes, caídas, primeros auxilios, inspecciones de tuberías, maquinarias, instalaciones eléctricas...¹¹

Vividly

Otra empresa de realidad virtual aplicada al mundo de la arquitectura es Vividly. Esta empresa está enfocada en la creación de una plataforma de apoyo a la utilización de la realidad virtual en proyectos de planificación urbana. La implementación de esta plataforma posibilitaría ciertos beneficios en áreas como: el análisis de las diferentes opciones de reorganización y configuración de espacios; la posibilidad de estandarizar modelos VR para tomar decisiones en concursos abiertos al público desde la propia experiencia de los distintos espacios propuestos; o la participación ciudadana en el proceso de proyecto urbanístico.

IrisVR

IrisVR es otra empresa enfocada a la aplicación de la realidad virtual en el mundo de la construcción, posibilitando la implementación del uso de la misma en diferentes estudios y empresas dedicadas a la construcción; un ejemplo de esto, es el caso de una empresa de suministro de agua, que genera modelos de realidad virtual a la hora de diseñar sus instalaciones.¹²

11. Pixovr.com – VR training for construction

<https://pixovr.com/vr-training-for-construction/> (consultada el 2 de junio de 2021)

12. Nanalyze – VR in Architecture, Engineering, and Construction

<https://www.nanalyze.com/2020/03/vr-architecture-engineering-construction/> (consultada el 2 de junio de 2021)

CONCLUSIONS

El renderizado en tiempo real como herramienta de diseño

El renderizado en tiempo real se ha convertido en un soporte muy útil en el proceso del proyecto arquitectónico, no solo a través de las numerables posibilidades que ofrece a la hora de la toma de decisiones sino como la posibilidad de mostrar este trabajo al cliente, permitiéndole participar en el proceso de diseño y entender el proyecto que se está realizando por el arquitecto. Este renderizado en tiempo real permite al cliente, el cual no está familiarizado en muchos casos a los lenguajes gráficos utilizados por los arquitectos mediante planos de plantas, alzados o secciones, entender el espacio proyectado mediante la visualización e incluso inmersión dentro del mismo, permitiéndole entender espacios, iluminaciones o acabados y hacerse una idea aproximada del resultado real.

La característica principal de este tipo de renderizado es la gran interactividad que ofrece con el entorno virtual, pudiendo competir con programas de renderizado offline, que teniendo mayor calidad, están siendo desplazados por estos nuevos motores de render debido a la ventaja que ofrece el poder modificar instantáneamente el modelo renderizado, ya sea cambiando factores como la iluminación, climatología o materiales, o pudiendo reimportar o trabajar mediante una conexión sincronizada entre el programa de modelado y el programa de renderizado.

Dentro de estos motores de render existen numerosas herramientas que permiten desde levantamientos urbanos, a creación de terrenos o introducción de numerosos modelos propios del software de renderizado como objetos domésticos, mobiliario urbano, vehículos o vegetación que, junto con las diferentes luces que añaden estos programas, permiten implantar el uso de estos softwares dentro del proceso de proyecto arquitectónico en distintas fases del mismo.

A su vez, esta tecnología de renderizado en tiempo real da soporte a nuevas tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada, las cuales son cada vez más utilizadas en el mundo de la arquitectura y la construcción.

La evolución de estos programas de renderizado en tiempo real, junto con las nuevas posibilidades técnicas de los ordenadores cada vez más potentes, están consiguiendo que la calidad de la visualización en estos motores de render se asemeje cada vez más a la conseguida por motores de renderizado offline. Este hecho, junto con la apuesta de grandes compañías como Epic Games o Autodesk por este tipo de render, están permitiendo la utilización del modelado y renderizado como soporte a la hora de la toma de decisiones en el proyecto.

Estas herramientas permiten tomar esas decisiones desde un primer análisis del lugar, hasta la aplicación de modelados y materiales de gran calidad (como son los materiales PBR) para la conformación de espacios tanto interiores como exteriores.

A su vez, mediante la utilización de motores gráficos del mundo de los videojuegos como son Unity o Unreal Engine, se puede generar un entorno inmersivo con numerosas opciones de configuración que plantea un escenario interactivo a escala 1:1 que puede ser fácilmente exportable a entornos de realidad virtual, consiguiendo así una experiencia de inmersión completa dentro de un edificio no construido y permitiendo esa percepción de los distintos espacios.

A mayores, la implementación en el mundo de la arquitectura y la construcción de la metodología BIM para el proyecto, construcción y gestión durante toda la vida útil del edificio, genera nuevas posibilidades a la hora de generar esa información correspondiente al proyecto. En los últimos años, la creación de un proyecto de arquitectura precisaba muchas veces de la utilización de diferentes programas de dibujo, modelado, renderizado, cálculos estructurales o de instalaciones entre otros. Hoy en día, con la aparición de softwares de código abierto como Blender o la apuesta por parte de compañías como Epic Games por ceder sus programas de manera gratuita al usuario (Twinmotion o Unreal Engine) no es descartable la posibilidad, en un futuro próximo, del diseño de todo el proceso de proyecto arquitectónico desde un único software gratuito.

Por ahora, se está avanzando en la interoperabilidad entre distintos softwares, permitiendo así la sincronización directa de distintos programas entre sí consiguiendo, por ejemplo, la sincronización del modelo y el renderizado en tiempo real del mismo, agilizando la toma de decisiones dentro del proyecto.

El renderizado en tiempo real ha provocado un cambio en la visualización arquitectónica y en el proceso creativo del proyecto, numerosos estudios de arquitectura como Zaha Hadid Architects están utilizando programas como Unreal o Twinmotion en el diseño de sus proyectos.

Por último, no hay que perder de vista que la utilización del renderizado, al igual que el modelado 3D, el diseño paramétrico o los programas BIM, son aliados muy potentes a la hora de proyectar ya que permiten la optimización de recursos y tiempo que pueden acompañar a otros medios más tradicionales en el proceso arquitectónico.

La visualización arquitectónica siempre ha sido el medio por el que transmitir la idea del proyecto, así como a finales del siglo XIX arquitectos como Viollet Le-Duc, elaboraban complejas acuarelas a mano para transmitir una imagen realista al cliente, con los medios actuales de representación y renderizado se puede conseguir una mejor comunicación del proyecto arquitectónico, transmitiendo la idea a través de un entorno interactivo que cualquier persona puede comprender.

ANEXO: RECOPIA ATORIO

Recopilatorio de noticias sobre el renderizado en tiempo real

A continuación, se recopila una serie de artículos relacionados con este tema del renderizado en distintos campos del diseño actual, enfatizando en el renderizado en tiempo real y su relevancia actual.

CGSOCIETY

-CÓMO EL RENDERIZADO EN TIEMPO REAL ESTÁ CAMBIANDO EL PANORAMA DEL DISEÑO

Hoy en día, dentro del mundo del diseño y la creación digital, es esencial poder realizar cambios rápidamente en cualquier proceso creativo, para adaptarse a los plazos establecidos. En este aspecto, es imprescindible que los cambios puedan verse en tiempo real.

En este proceso, cada vez toma más importancia el uso de softwares como Unreal Engine, los cuales permiten la transmisión y venta de ideas, a mayores de mejorar la comunicación de nuevas ideas con el cliente, quien ve los cambios instantáneamente.

Gracias a todos los avances que se dan en el mundo del renderizado en tiempo real, es posible la creación de entornos de realidad aumentada o realidad virtual, que permiten una inmersión casi completa dentro de un modelo generado por ordenador. Lo que permite aumentar esa interactividad mediante cambios instantáneos dentro del propio escenario.¹

CGW

-REAL-TIME SKILLS WANTED, REPORT SHOWS

El gran nivel de interactividad que permite el renderizado en tiempo real, está generando nuevas posibilidades, que hasta hace unos años, parecerían ciencia ficción: cirujanos practicando técnicas críticas con realidad virtual, realidad aumentada en las noticias, posibilidad de personalización instantánea, por ejemplo, del diseño de un automóvil en tiempo real desde la página web...

Según este artículo, el conocimiento de técnicas de modelado virtual y renderizado en tiempo real cada vez es más necesario, y adquirir habilidades en este campo será cada vez más necesario, dentro del mundo laboral.²

1. Cgsociety – How real-time rendering is changing the design landscape

<https://cgsociety.org/news/article/3828/how-real-time-rendering-is-changing-the-design-landscape> (consultada el 3 de mayo de 2021)

2. CGW – Real Time Skills Wanted, Report Shows

<https://www.cgw.com/Press-Center/In-Focus/2021/Real-Time-Skills-Wanted-Report-Shows.aspx> (consultada el 3 de mayo de 2021)

AUTODESK

-AUTODESK Y UNITY

Al igual que Epic Games compró Twinmotion, Autodesk se acaba de asociar con Unity, un motor gráfico de la industria de los videojuegos, para generar una alternativa a Unreal Engine 4 de Epic.

Estas operaciones indican que existe un gran interés por las empresas en el desarrollo de estas nuevas tecnologías inmersivas de tiempo real.³

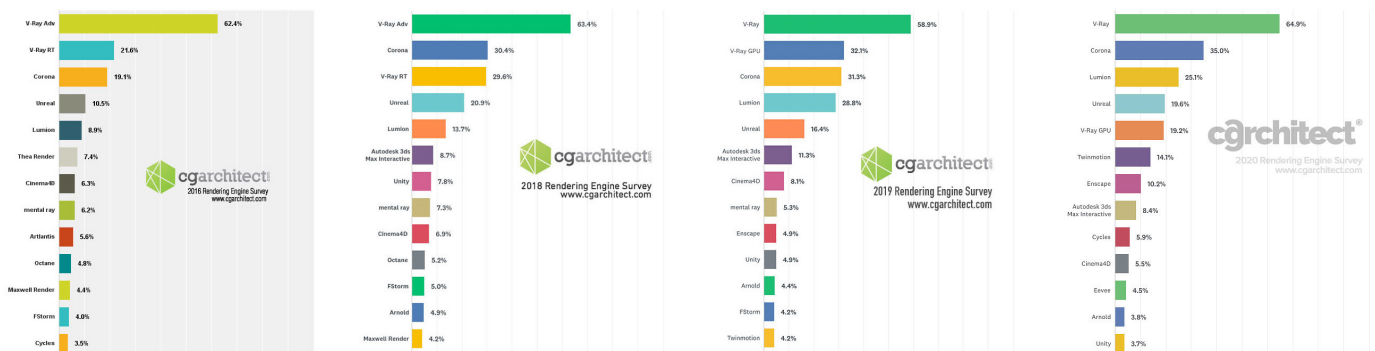
CGARCHITECT

-THEIA INTERACTIVE AWARDED EPIC MEGAGRANT TO ACCELERATE DEVELOPMENT OF A NEW COLLABORATIVE VR TOOL IN UNREAL

Dentro del campo del renderizado en tiempo real, no se pueden olvidar las posibilidades que ofrece en su aplicación dentro de las tecnologías de realidad inmersiva.

En esta noticia se habla de la herramienta que está creando Theia Interactive para poder colaborar telemáticamente dentro de un “estudio de arquitectura virtual”.⁴

-ARCHITECTURAL VISUALIZATION RENDER ENGINE SURVEY 2016-2020



Figuras 1, 2, 3 y 4 -Encuestas de CGArchitect sobre los motores de render más utilizados

5

En las sucesivas encuestas de CGArchitect sobre el software de renderizado más utilizado se puede ver la evolución hacia los motores de render en tiempo real.

3. Autodesk – Autodesk y Unity

<https://www.autodesk.es/solutions/real-time-rendering> (consultada el 3 de mayo de 2021)

4. CGArchitect – Theia Interactive Awarded Epic Megagrant To Accelerate Development Of A New Collaborative VR Tool In Unreal

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/37342cfe-theia-interactive-awarded-epic-megagrant-to-acceleratedevlopment-of-a-new-collaborative-vr-tool-in-unreal> (consultada el 19 de junio de 2021)

5. CGArchitect – Architectural Visualization Render Engine Survey Results

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/36cc22b2-2016-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/0506e1cb-2018-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/b352ebe4-2019-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/a9976335-2020-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results> (consultadas el 19 de junio de 2021)

-THE REALTIME CONFERENCE BRINGS TOGETHER OVER 150 SPEAKERS ACROSS 100 SESSIONS FOR ITS SPRING EVENT

La fuerza que está adquiriendo el renderizado en tiempo real en distintas industrias en todo el mundo ha dado lugar a la creación de eventos como el Real-Time Conference o RTC.

Este evento congrega a numerosos profesionales en distintos campos del diseño que exponen diferentes usos y posibilidades del renderizado en tiempo real.

Este evento está patrocinado por numerosas empresas de gran importancia como Unreal Engine, HTC, Chaos Group o Nvidia.⁶

PLATAFORMA ARQUITECTURA

-REALTIME ARCHVIZ ENCHANCES KOHN PEDERSEN FOX'S DESIGN PROCESSES

Las tecnologías de renderizado en tiempo real y la realidad virtual son elementos muy útiles en el proceso de proyecto de grandes obras. Cuando se tiene que gestionar la creación de un edificio desde diferentes partes del mundo, la posibilidad de trabajar dentro de un entorno colaborativo en realidad virtual permite agilizar el trabajo y mejorar la comunicación entre las distintas partes.

A su vez, en el artículo se trata el tema de la sincronización directa de varios programas de modelado con Twinmotion y, junto con su capacidad de trabajar una gran cantidad de elementos dentro del mismo archivo, lo convierten en una herramienta muy potente en el diseño arquitectónico, introduciéndolo en el flujo de trabajo con Rhino o Revit.⁷

UNREAL ENGINE

-REAL-TIME ARCHVIZ HELPS SCENARIO ARCHITECTURE WIN CLIENTS AND SPEED UP SIGN-OFFS

Otro caso interesante de la aplicación de programas de renderizado en tiempo real por parte de estudios de arquitectura, es el caso de Scenario Studio.

Este estudio de arquitectura ha implementado el programa de Twinmotion dentro de su proceso de diseño, como una herramienta que, junto con el modelado en Archicad, permite agilizar los tiempos de trabajo y mejora la comunicación con los clientes, permitiéndoles entender fácilmente las ideas desarrolladas por los arquitectos.⁸

6. CGArchitect – The real-time conference brings together over 150 speakers across 100 sessions for its spring event.

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/1c65a29a-the-realtime-conference-brings-together-over-150-speakersacross-100-sessions-for-its-spring-event> (consultada el 21 de junio de 2021)

7. Plataforma Arquitectura – Real-Time Archviz Enchances Kohn Pedersen Fox's Design Processes

<https://www.archdaily.com/947136/real-time-archviz-enhances-kohn-pedersen-foxs-design-processes> (consultada el 21 de junio de 2021)

8. Unreal Engine – Real-Time Archviz helps Scenario Architecture win clients and speed up sign-offs

<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/real-time-archviz-helps-scenario-architecture-win-clients-and-speed-upsign-offs> (consultada el 21 de junio de 2021)

DESIGNBOOM

-INTERVIEW WITH THOMAS VOURNAZOS

En esta entrevista con Thomas Vournazos, director de Slashcube, un estudio de renderizado que trabaja con estudios de arquitectura como Zaha Hadid Architects; se trata el tema de la visualización arquitectónica desde un punto de vista más científico.

Para un proyecto de un asentamiento en la superficie lunar, el estudio de renderizado tuvo que trabajar junto con los arquitectos y comprender los fenómenos físicos y materiales que afectan a la visualización del proyecto en la superficie lunar y como, en ciertos casos, la visualización arquitectónica tiene que estar fuertemente fundamentada para reproducir la realidad.

A mayores, Thomas Vournazos presiente que la visualización arquitectónica, y dentro de ella el renderizado en tiempo real y los modelos interactivos o la realidad virtual, serán una herramienta cada vez más implantada en el proceso de diseño.

En definitiva, gracias a la estandarización de estas nuevas tecnologías, están apareciendo progresivamente nuevos usos dentro del campo del diseño o la arquitectura que antes eran impensables. El renderizado o el modelado virtual no son un reemplazo de los medios tradicionales de diseño, pero si una herramienta muy potente que no hay que obviar, gracias a ellos es mucho más rápido el generar cambios en medio del proceso de proyecto y mucho más intuitivo para terceros el entender la idea que se quiere transmitir.

Esta posibilidad de interactuar y entender visualmente las formas, los materiales, los espacios... es clave actualmente para mejorar la comunicación, por ejemplo, entre cliente y arquitecto, y en algunos casos, abrir nuevas posibilidades al primero, que de otro modo sería muy complicado generar; y esto es gracias a la introducción del cliente dentro del propio proyecto, no como proyectista obviamente, sino como actor pasivo incluido dentro del proceso arquitectónico o de diseño.

Al igual que no se puede entender una partitura sin conocimientos previos, es muy difícil que alguien ajeno a la profesión entienda la espacialidad de la arquitectura con planos, o la iluminación o materialidad de los espacios.

Por eso, al igual que hoy en día, muchos músicos producen con ordenador, y han acompañado las partituras tradicionales por archivos informáticos que contienen distintas pistas de audio. En la arquitectura se está dando un proceso parecido, acompañando los planos bidimensionales y las maquetas, con la generación de entornos virtuales que permiten editar el proyecto en cualquier fase de desarrollo sin que eso suponga un gran esfuerzo.

9. Designboom – it's a form of art, but there's so much science behind what we do – slashcube's thomas vournazos on architectural visualization

<https://www.designboom.com/architecture/interview-slashcube-thomas-vournazos-architectural-visualization-06-09-2021/>

(consultada el 21 de junio de 2021)

BIBLIOGRAFÍA

Introducción

CITAS

1.Ver_Plataforma Arquitectura. Clases virtuales: ¿Podrán los modelos 3D y renders reemplazar a las maquetas y dibujos a mano?

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960147/clases-virtuales-podran-los-modelos-3d-y-renders-reemplazar-a-lasmaquetas-y-los-dibujos-a-mano> (consultada el 3 de mayo de 2021)

Capítulo 1

CITAS

1.Ver_History of Information. Ivan Sutherland Creates the First Graphical User Interface

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=1027> (consultada el 12 de abril de 2021).

2.Ver_History Computer. Sketchpad – Complete History of the Sketchpad Computer Program

<https://history-computer.com/sketchpad-complete-history-of-the-sketchpad-computer-program/> (consultada el 12 de abril de 2021)

3.Ver_Wikipedia. Ivan Sutherland

https://en.wikipedia.org/wiki/Ivan_Sutherland (consultada el 12 de abril de 2021)

4.Ver_Architizer. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

5.Ver_Firstrender. FIRST RENDERING – A history of 3D rendering through a look at the contributions of Gordon Romney, Alan Erdahl, Edwin Catmull and James Blinn

<https://firstrender.net/> (consultada el 12 de abril de 2021)

6.Ver_Wikipedia. Edwin Catmull

https://en.wikipedia.org/wiki/Edwin_Catmull (consultada el 12 de abril de 2021)

7.Ver_History of Information. The First 3D Rendered Movie

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3560> (consultada el 12 de abril de 2021)

8.Ver_Firstrender. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

9.Ver_History of Information. Martin Newell Creates the “Utah Teapot”

<https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2449> (consultada el 12 de abril de 2021)

10.Ver_Ilustraviz. A brief history of 3d rendering

<https://www.ilustraviz.com/a-brief-history-of-3d-rendering/> (consultada el 12 de abril de 2021)

11.Ver_Easy Render. A brief history of 3d visualizations

<https://www.easyrender.com/a/a-brief-history-of-3d-visualizations-the-ins-and-outs> (consultada el 12 de abril de 2021)

12.Ver_Architizer. 8 Renderings that Changed Architecture

<https://architizer.com/blog/inspiration/stories/renderings-that-changed-architecture/> (consultada el 12 de abril de 2021)

13.Ver_Archicgi. 3D Modeling In The Architecture And Design Industry: A 30-year Retrospective

<https://archicgi.com/cgi-news/3d-modeling-in-architecture-and-design-30-years/> (consultada el 12 de abril de 2021)

14.Ver_Nemetschek. History

<https://www.nemetschek.com/en/company/history> (consultada el 12 de abril de 2021)

15.Ver_Archicgi. 3D Modeling In The Architecture And Design Industry: A 30-year Retrospective

<https://archicgi.com/cgi-news/3d-modeling-in-architecture-and-design-30-years/> (consultada el 12 de abril de 2021)

16.Ver_Yourube. Zumthor’s Thermae of Stone in Source SDK part 5: props

<https://youtu.be/hh4nGEAKm4s> (consultada el 1 de mayo de 2021)

FIGURAS

17. Figura 1 – Timeline de los distintos eventos y softwares de la historia del renderizado

Elaboración propia

Capítulo 2

CITAS

1.Ver_Wikipedia. Renderización

<https://es.wikipedia.org/wiki/Renderizaci%C3%B3n> (consultada el 1 de mayo de 2021)

2.Ver_Archicgi. Computer 3D Rendering

<https://archicgi.com/cgi-news/computer-3d-rendering/> (consultada el 1 de mayo de 2021)

3.Ver_Unity. Renderizado en tiempo real en 3D

<https://unity3d.com/es/real-time-rendering-3d> (consultada el 1 de mayo de 2021)

FIGURAS

4. Figura 1 – Vray

https://static.chaosgroup.com/gallery_images/images/000/000/411/gallery_image/kaiserbold-weekend-retreat-architecture-vray-3ds-max-02.jpg?1518069364

Figura 2 – Corona Render

<https://corona-renderer.com/content/gallery/1545-420-Kent.-Repro-Project-by-VisEngineDigital-Solutions-02.jpg>

Figura 3 - Cycles

<https://www.cycles-renderer.org/wp-content/uploads/2017/11/martin-kovacik-n-001-final-1800x1158.jpg>

5. Figura 4 – Lumion

https://www.lumion.es/wp-content/uploads/2020/11/teaser3_1920x1080-bc.jpg

Figura 5 – Enscape

https://enscape3d.com/wpcontent/uploads/2019/09/lasse_herbo_madsen_steen_palsboell_architects.jpg

Capítulo 3

FIGURAS

1. Figura 1 – Exterior renderizado con Vray

Elaboración propia

Figura 2 – Exterior renderizado con Enscape

Elaboración propia

Figura 3 – Exterior renderizado con Twinmotion

Elaboración propia

2. Figura 4 – Exterior renderizado con Lumion

Elaboración propia

3. Figura 5 – Interior renderizado con Vray

Elaboración propia

4. Figura 6 – Interior renderizado con Enscape

Elaboración propia

Figura 7 – Interior renderizado con Twinmotion

Elaboración propia

5. Figura 8 – Interior renderizado con Lumion

Elaboración propia

6. Figura 9 – Renderizado con Cycles

Elaboración propia

Figura 10 – Renderizado con Eevee

Elaboración propia

Capítulo 4

CITAS

1.Ver_Creative bloq. Archviz: everything you need to know

<https://www.creativebloq.com/features/archviz-everything-you-need-to-know#:~:text=Archviz%20is%20one%20of%20the,mysterious%20and%20often%20daunting%20area.> (consultada el 9 de mayo de 2021)

1.Ver_Ronen bekerman. Interview with MIR

<https://www.ronenbekerman.com/interview-with-mir/> (consultada el 9 de mayo de 2021)

3.Ver_CGarchitect. Arch Viz: The legacy of the past and its relevance to the future.

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/0a0679be-arch-viz-the-legacy-of-the-past-and-itsrelevance-to-the-future> (consultada el 9 de mayo de 2021)

5.Ver_Youtube. Enchancing Photorealism Enhancement

<https://youtu.be/P1lcaBn3ej0> (consultada el 9 de mayo de 2021)

FIGURAS

4. Figura 1 – Caminante sobre el mar de nubes

https://historiaarte.com/_/eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJpbSI6WyJjL2FydHdvcmtcL2ltYWdlRmlsZVwvZnJpZWRYaWNoX2hpc3RvcmlhLWFydGUuanBnliwicmVzaXplLDlwMDAsMjAwMjdfQyS18aLqgpFlwITFjZzAIO2jQYrqnlnLVOkAkqmTTg.jpg

Figura 2 – Imagen de MIR (<https://www.mir.no/>)

https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5df7edfe219fe568fb0cdc3d/1576569041780-D0E-JEX4RQGTKI351ZF6F/ke17ZwdGBToddI8pDm48kK1qzWvmSTF8n942WvMDJbp7gQa3H78H3Y0tx-jaiv_0fDoOvxcdMmMKkDsyUqMSsMWxHk725yiiHCCLfrh8O1z4YTzHvnKhyp6DaNYroOW3ZGjo-BKy3azqku80C789I0k5fwC0WRNFJBIXiBeNI5fK6IV4V1H1Y5xDKblt6RiG9mVlms2kxI3ruKRVbo1_7A/YACMagazine_Tower_CloudWorld_www.mir.no.jpg?format=500w

6. Figuras 3, 4, 5 – Proceso de implementación de un modelo renderizado en tiempo real dentro de una imagen, y su posterior postproducción

Elaboración propia

Capítulo 5

CITAS

1. Plataforma Arquitectura – Ya no es esa pieza gráfica que mandamos a hacer...

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960384/ya-no-es-esa-pieza-grafica-que-mandamos-a-hacer-nuestros-lectoresopinan-sobre-renders-en-arquitectura> (consultada el 15 de mayo de 2021)

2. Unreal Engine – Zaha Hadid Architects turns to twinmotion for early design studies

<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/zaha-hadid-architects-turns-to-twinmotion-for-early-design-studies> (consultada el 15 de mayo de 2021)

10. Real 3DMap Osaka

<https://www.cadcenter.co.jp/real3dmap/osaka/> (consultada el 17 de junio de 2021)

11. Youtube – Real 3DMap Osaka Twinmotion

<https://youtu.be/YPtVxM4DoAA> (consultada el 17 de junio de 2021)

14. Luís António Gomes Tarrafa Ramos, "REAL-TIME 3D ARCHVIZ" (tesis modelo, Instituto Superior de Tecnologías Avanzadas, 2015), 30-32.

15. Substance – The PBR guide part 2

<https://academy.substance3d.com/courses/the-pbr-guide-part-2> (consultada el 17 de junio de 2021)

FIGURAS

3. Figuras 1 y 2 – Levantamiento volumétrico de una parte de la isla de Manhattan desde el programa Twinmotion
Elaboración propia
4. Figura 3 – Levantamiento de Santiago de Compostela en Twinmotion45
Elaboración propia
5. Figura 4 – Estudio del soleamiento a lo largo del año en Twinmotion
Elaboración propia
6. Figuras 5, 6 – Creación de terreno con Twinmotion
Elaboración propia
7. Figuras 7, 8 – Terreno de la Twisted Gallery de BIG
Elaboración propia
8. Figuras 9, 10, 11 – Renderizado de un conjunto urbano añadiendo mobiliario y vegetación en Twinmotion
Elaboración propia
9. Figuras 12 y 13 – Comparación entre escena en la que únicamente se renderiza el modelo, y otra en la que se añaden estos objetos incorporados en el software de renderizado
Elaboración propia
12. Figuras 14 y 15 – Comparación de la misma habitación transformada según diferentes acabados
Elaboración propia
13. Figuras 16, 17, 18 y 19 – Comparación del mismo modelo de cafetería, transformado según mobiliarios y materiales de Twinmotion, intercambiables a tiempo real
Elaboración propia
16. Figura 20 – Flujos de trabajo de los materiales PBR
<https://cdn.allegorithmic.com/images/academy/5fc12cd8-9467-4062-b609-507788d0cbc3>
17. Figuras 21 y 22 – Aplicación de materiales PBR en un renderizado de Twinmotion
Elaboración propia

Capítulo 6

CITAS

1. BuildingSmart - ¿Qué es BIM?
<https://www.buildingsmart.es/bim/> (consultada el 2 de junio de 2021)
6. BIMrras Podcast – 076 Unreal Engine para modelos BIM
<https://open.spotify.com/show/6jHwiTMD8MRObCbNbnmt4q?si=8ebaa6767c4a471c>
7. Youtube – UE4 Real time Archviz Mont Kiara Apartment
<https://youtu.be/EFgyF6xMES0> (consultada el 22 de junio de 2021)
- Youtube – The Definition Of Graphics Insanity! – Unreal Engine 4 (1440p 60fps)
<https://youtu.be/l6GVecXTuqk> (consultada el 22 de junio de 2021)
- Youtube – Unreal Engine 5 Archviz Lumen Test #unrealengine5 #ue5 #Lumen
https://youtu.be/cgBYOEj8_VWw (consultada el 22 de junio de 2021)
9. Archdaily – 9 Augmented Reality Technologies for Architecture and Construction
<https://www.archdaily.com/914501/9-augmented-reality-technologies-for-architecture-and-construction> (consultada el 19 de junio de 2021)
10. VT-Lab.com
<https://www.vt-lab.com/vt-platform/> (consultada el 19 de junio de 2021)
11. Pixovr.com – VR training for construction
<https://pixovr.com/vr-training-for-construction/> (consultada el 2 de junio de 2021)
12. Nanalyze – VR in Architecture, Engineering, and Construction
<https://www.nanalyze.com/2020/03/vr-architecture-engineering-construction/> (consultada el 2 de junio de 2021)

FIGURAS

2. Figura 1 – LOD

<https://www.bimnd.es/wp-content/uploads/2017/08/que-es-lod-bim-bimnd.png>

3. Figuras 1 y 2 – Flujo de trabajo de Archicad y Enscape

Elaboración propia

4. Figuras 4 y 5 – Flujo de trabajo de Revit y Rhinoceros

Elaboración propia

5. Figura 6 – Flujo de trabajo de Revit y Lumion

Elaboración propia

8. Figura 7 – Renderizado interior con Unreal Engine 4

Elaboración propia

ANEXO

CITAS

1. Cgsociety – How real-time rendering is changing the design landscape

<https://cgsociety.org/news/article/3828/how-real-time-rendering-is-changing-the-design-landscape> (consultada el 3 de mayo de 2021)

2. CGW – Real Time Skills Wanted, Report Shows

<https://www.cgw.com/Press-Center/In-Focus/2021/Real-Time-Skills-Wanted-Report-Shows.aspx> (consultada el 3 de mayo de 2021)

3. Autodesk – Autodesk y Unity

<https://www.autodesk.es/solutions/real-time-rendering> (consultada el 3 de mayo de 2021)

4. CGArchitect – Theia Interactive Awarded Epic Megagrant To Accelerate Development Of A New Collaborative VR Tool In Unreal

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/37342cfe-theia-interactive-awarded-epic-megagrant-to-acceleratedevelopment-of-a-new-collaborative-vr-tool-in-unreal> (consultada el 19 de junio de 2021)

6. CGArchitect – The real-time conference brings together over 150 speakers across 100 sessions for its spring event.

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/1c65a29a-the-realtime-conference-brings-together-over-150-speakersacross-100-sessions-for-its-spring-event> (consultada el 21 de junio de 2021)

7. Plataforma Arquitectura – Real-Time Archviz Enhances Kohn Pedersen Fox's Design Processes

<https://www.archdaily.com/947136/real-time-archviz-enhances-kohn-pedersen-foxs-design-processes> (consultada el 21 de junio de 2021)

8. Unreal Engine – Real-Time Archviz helps Scenario Architecture win clients and speed up sign-offs

<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/real-time-archviz-helps-scenario-architecture-win-clients-and-speed-upsign-offs> (consultada el 21 de junio de 2021)

9. Designboom – it's a form of art, but there's so much science behind what we do – slashcube's thomas vournazos on architectural visualization

<https://www.designboom.com/architecture/interview-slashcube-thomas-vournazos-architectural-visualization-06-09-2021/> (consultada el 21 de junio de 2021)

FIGURAS

5. CGArchitect – Architectural Visualization Render Engine Survey Results

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/36cc22b2-2016-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/0506e1cb-2018-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/b352ebe4-2019-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results>

<https://www.cgarchitect.com/features/articles/a9976335-2020-architectural-visualization-rendering-engine-survey-results> (consultadas el 19 de junio de 2021)