

**TÉCNICAS DE REALIDAD VIRTUAL APLICADAS A LA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA.
EL ALMUDÍN DE VALENCIA.**

Martín Cipoletta

Tutores: Pedro M. Cabezos Bernal
Daniel Martín Fuentes

Curso 2017-2018
Grado en Fundamentos de la Arquitectura



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

**TÉCNICAS DE REALIDAD VIRTUAL APLICADAS A LA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA.
EL ALMUDÍN DE VALENCIA.**

TÈCNIQUES DE REALITAT VIRTUAL APLICADES A LA REPRESENTACIÓ ARQUITECTÒNICA.
L'ALMODÍ DE VALÈNCIA.

VIRTUAL REALITY TECHNIQUES APPLIED TO ARCHITECTURAL REPRESENTATION.
THE ALMUDIN OF VALENCIA.

Martín Cipoletta

Tutores: Pedro M. Cabezos Bernal
Daniel Martín Fuentes

Curso 2017-2018
Grado en Fundamentos de la Arquitectura



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Abstract

This Bachelor's dissertation delves into the latest techniques on virtual reality applied to the representation and valuing of architectural heritage. This study aims at applying studied techniques upon the development of a computation model of the Almudín of Valencia which could be consulted immersively and interactively through different online platforms. This model will also provide extended information with regards the monument's history, properties and building development throughout history.

In order to elaborate such model, a photogrammetric survey will be carried out using automated photogrammetry SfM (Structure From Motion). The resulting model will be exported to the Unreal game engine for its visualisation in real time through different platforms such as computers or mobile devices. In addition to this, spherical 360° panoramic photography will be taken in order to compare different visualisation models – real versus virtual scenario - configuring this way an informational visual platform of this valuable architectonic good of the city.

Keywords: Virtual Reality, Spherical Panoramas, Unreal Engine, Automated Photogrammetry, Game Engines.

Resum

El treball final de grau versarà sobre les últimes tècniques de realitat virtual aplicades a la representació i posada en valor del patrimoni arquitectònic. L'objectiu del treball és l'aplicació de les tècniques estudiades al desenvolupament d'un model informàtic de l'Almudí de València, que podrà ser consultat de forma interactiva i immersiva des d'Internet a través de diverses plataformes. Aquest model proporcionarà a més informació ampliada sobre la història i característiques del monument, així com de la seua evolució constructiva al llarg de la història.

Per a l'elaboració del model es realitzarà un alçament fotogramètric per mitjà de fotogrametria automatitzada SfM (Structure From Motion). El model generat serà exportat al motor de videojocs d'Unreal per a la seua visualització en temps real a través de diverses plataformes com a ordinadors o dispositius mòbils. A més d'això es realitzaran fotografies panoràmiques esfèriques de 360° per a comparar diversos models de visualització - escenari real enfront de virtual - configurant així una plataforma de visualització divulgativa d'este preat ben arquitectònic de la ciutat.

Paraules clau: Realitat Virtual, Panorames Esfèrics, Unreal Engine, Fotogrametria automatitzada, Motors Videojocs.

Resumen

El trabajo final de grado versará sobre las últimas técnicas de realidad virtual aplicadas a la representación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico. El objetivo del trabajo es la aplicación de las técnicas estudiadas al desarrollo de un modelo informático del Almudín de Valencia, que podrá ser consultado de forma interactiva e inmersiva desde Internet a través de diversas plataformas. Este modelo proporcionará además información ampliada acerca de la historia y características del monumento, así como de su evolución constructiva a lo largo de la historia.

Para la elaboración del modelo se realizará un levantamiento fotogramétrico mediante fotogrametría automatizada SfM (Structure From Motion). El modelo generado será exportado al motor de videojuegos de Unreal para su visualización en tiempo real a través de diversas plataformas como ordenadores o dispositivos móviles. Además de ello se realizarán fotografías panorámicas esféricas de 360° para comparar diversos modelos de visualización - escenario real frente a virtual - configurando así una plataforma de visualización divulgativa de este preciado bien arquitectónico de la ciudad.

Palabras clave: Realidad Virtual, Panoramas Esféricos, Unreal Engine, Fotogrametría automatizada, Motores Videojuegos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA ERA DIGITAL	
2.1. Introducción a la Expresión Gráfica Digital	14
2.2. Evolución Histórica	14
2.3. Informática Gráfica y Arquitectura.....	18
3. REALIDAD VIRTUAL	
3.1. Introducción a la Realidad Virtual.....	26
3.2. Evolución histórica	27
4. EL ALMUDÍN DE VALENCIA	
4.1. Evolución Histórica	32
4.2. Evolución arquitectónica	34
5. CASO PRÁCTICO	
5.1 Realidad Virtual a través de fotografías panorámicas en 360°.....	38
5.2 Realidad Virtual a través de Unreal Engine.....	64
6. CONCLUSIONES.....	76
Anejo 6-1.....	79
Referencias bibliograficas.....	80
Referencias de enlaces web.....	82
Referencias de imágenes.....	83

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

A lo largo de la historia el ser humano ha sentido la necesidad de representar visualmente aquello que desea comunicar. La evolución de los métodos de representación gráfica ha sido más notable en la segunda mitad del siglo XX, cuando el dibujo en papel pasó a la pantalla de la computadora. Este desarrollo es constante debido al avance en la tecnología, que ha hecho posible la creación de espacios en dos o tres dimensiones a partir de la informática gráfica.

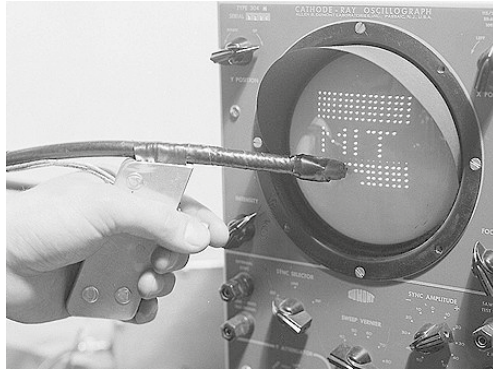
Los sistemas de representación gráfica informática han adquirido un gran protagonismo en la arquitectura, gracias a los cuales es factible imaginarse el aspecto final de un proyecto antes de su ejecución.

Las técnicas de realidad virtual tienen como objetivo mostrarnos de la manera más real posible aquello generado con software informático. Con la utilización de dispositivos electrónicos se ha conseguido realizar una inmersión en el espacio arquitectónico tridimensional, ya sea a partir de la modelización de un referente real o no.

De las diferentes técnicas de realidad virtual aplicadas a la representación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico, nos centraremos en la comparación de la realización de fotografías panorámicas esféricas de 360° y en la visualización en tiempo real de un modelo generado mediante levantamiento fotogramétrico y tridimensional, que se visualizará utilizando el motor de videojuegos Unreal Engine 4. Determinando de esta manera qué método resulta más eficaz para representar un edificio histórico ya construido.

El edificio estudiado es el Almudín de la ciudad de Valencia, un monumento histórico que ha ido evolucionando con el curso de la historia, pasando de ser un simple pórtico dónde se ejercían actividades mercantiles en el siglo XII hasta alcanzar la configuración actual de tipología basilical con patio cubierto (Aguilar 1996). Esta investigación nos permitirá realizar una visita virtual de este monumento de manera inmersiva e interactiva a través de plataformas digitales, ya sea a partir de panoramas fotográficos esféricos en 360° o a partir de la visualización en tiempo real de un modelo 3d virtual.

2. LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA ERA DIGITAL



Figura_2.1. Monitor del primer ordenador, el Whirlwind.

2.1. Introducción a la Expresión Gráfica Digital

La Informática Gráfica se puede definir como el área de la informática en la que, a partir de un conjunto de puntos en un espacio de referencia y su código de color, es posible crear imágenes, es decir, todo aquello que no es ni texto ni sonido.

Actualmente la mayoría de estas imágenes obtenidas a partir de la informática gráfica están limitadas a representar espacios en dos y tres dimensiones. Hoy en día la visualización gráfica está presente en la gran cantidad de ámbitos como puede ser la arquitectura, la medicina, el diseño industrial, los videojuegos, el cine, etc.

Debido al gran avance constante al que se someten estas tecnologías en la actualidad, tanto por parte de los ordenadores como por el estudio de la informática gráfica, cada vez se generan imágenes más realistas y de mayor complejidad.

2.2. Evolución Histórica

El origen de los ordenadores que trabajan con representación gráfica como medio de salida de datos se encuentra en el Whirlwind (20 de abril de 1951), una computadora de alta velocidad diseñada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology), que cumplía la función de ser un sistema de interceptación de enemigos del ejército del aire de los Estados Unidos. Esta máquina fue el primer ordenador en lograr realizar cálculos en tiempo real, es decir, contaba con la ventaja de ser utilizada sin necesidad de tener que introducir unos datos horas antes para recibir datos. La ventaja de introducir datos y al instante recibir datos gráficos era inmensa, pudiendo

así trabajar en "tiempo real". Además Whirlwind fue el primer ordenador en utilizar el lightpen, un dispositivo utilizado para señalar en pantalla, de forma similar a la utilización de un stylus para tablet de hoy en día (Dalakov 2017).

El siguiente gran avance fue la creación del DAC-1 (Desing Augmented by Computer), impulsado por General Motors asociado con IBM para la creación de un sistema de optimización de tiempo en la creación de los diseños de los automóviles. Fue a principios de los años 60 cuando se finalizó el DAC-1, dando lugar a un software capaz de pasar de un croquis a un elemento en tres dimensiones que, posteriormente, sería enviado a una fresadora para su extrusión. El DAC-1 fue uno de los primeros sistemas de CAD (Computer-Aided Design) de producción.

Coetáneo al DAC-1 se encuentra Ivan Sutherland, considerado uno de los padres de la Informática Gráfica, quien introdujo conceptos como modelado 3D, CAD, realidad virtual, etc. Sutherland utilizó para su doctorado una computadora TX-2 del MIT, equipada con un lightpen similar al de la Whirlwind, con la que desarrolló el primer programa programa de CAD al que denominó "Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System", véase (Sutherland 1963).

Sketchpad estaba diseñado para realizar dibujos técnicos debido a la interacción directa del lightpen con la pantalla de la computadora TX-2. Era un programa similar a los utilizados hoy en día de tipo CAD, en él se podían hacer dibujos altamente exactos y disponía con comandos como líneas rectas con encuentros perfectos, zoom, trabajar a escala, borrar o manipular los elementos creados, tener un sistema de coordenadas, etc.



Figura_2.2. Forrester y Norman Taylor inspeccionando el circuito completo (1952).



Figura_2.3. Primer dibujo con el DAC-1.



Figura_2.4. Ivan Sutherland.

En 1968 ideó unas gafas con las cuales se podía recibir imágenes directamente desde el ordenador. El "Head mounted display" fue una de las primeras aproximaciones a lo que hoy en día llamamos gafas de realidad virtual. Más adelante desarrollaría la Realidad Aumentada integrando la imagen digital en el espacio físico real.

A finales de los años 60 se desarrollan los primeros algoritmos que permitan ocultar las líneas traseras en las representaciones en tres dimensiones a mano de Lawrence Roberts del MIT. A la par, Sutherland desarrolla un algoritmo que, eliminando las partes del entorno que se excluyan del campo de visión, hacía que el procesado de los datos fuera más eficiente.

La gran importancia del desarrollo y la investigación del campo de la informática gráfica son contempladas por el Gobierno de los Estados Unidos de América y por las Universidades de Harvard, Utah y el MIT. Por este motivo se establecen fondos que impulsarán los grandes avances ocurridos en este campo en las siguientes décadas, además se crean institutos y laboratorios de investigación que se instalarán en todas las grandes universidades norteamericanas, asentando en la década de 1970 unas bases teóricas que en la actualidad se siguen utilizando.

La Universidad de Cornell (Nueva York) tiene un papel importante por ser la fundadora de un laboratorio de imagen de síntesis fotorrealista, dando lugar a un estudio sobre formas de iluminación directa e indirecta basada en leyes físicas, concluyendo en sistemas de renderizado que han tenido cabida en software comercial. Debido a sus logros, este laboratorio recibió en 1973 su primera beca para el Programa de Gráficos por Computador.



Figura_2.5. Ivan Sutherland utilizando el Sketchpad.

El NYIT (New York Institute of Technology) recibió en 1974 de una gran inversión con la que formó su laboratorio, dotado de la tecnología más actual de la época y con los mejores investigadores. En él se hicieron grandes hallazgos para el sector audiovisual como la composición de imágenes por capas, programas de morphing (técnica de transformación de una imagen a otra), mapeado reflectante de entornos, etc.

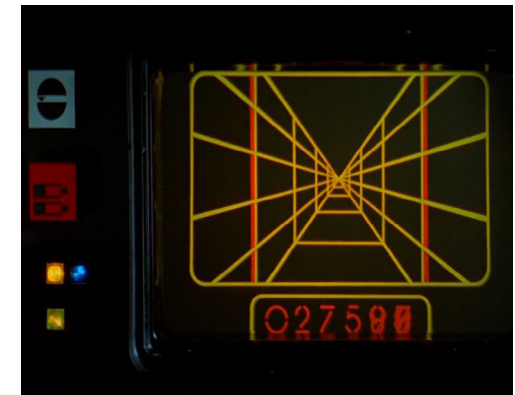
Otras universidades tuvieron un papel fundamental en las aplicaciones científicas y médicas de estas nuevas tecnologías. La Universidad de Carolina del Norte demostró que la visualización en tiempo real de imágenes sintéticas puede ayudar a comprender e interpretar los datos obtenidos. En la rama de la medicina, gracias a estos avances, se ha conseguido información con microscopios o ultrasonidos a partir de la que generar información gráfica en forma de capas de realidad aumentada que pueden ser de gran ayuda en las operaciones quirúrgicas de gran precisión.

A finales de los 70, contando con grandes personalidades del sector como Ivan Sutherland, el Instituto Tecnológico de California fundó el Departamento de Computer Science. Este hecho ha dado lugar a sistemas de renderizado cada vez más realistas.

Al observar el panorama de las grandes oportunidades que ofrecía el mundo digital, los sectores del cine y la televisión no quisieron quedarse atrás, produciéndose películas como Star Wars, para la que George Lucas tuvo que crear su propia empresa de efectos visuales, Industrial Light and Magic (ILM), creada en 1975 para realizar las dos primeras entregas de la saga (1977 y 1980), ya que en el momento de su grabación no había ninguna empresa que ofreciera el servicio que buscaba.



Figura_2.6. Electrocardiograma a tiempo real.



Figura_2.7. Informática Gráfica en Star Wars (1977).

2.3. Informática Gráfica y Arquitectura

En el oficio de la arquitectura se utilizan diariamente, programas de diseño informatizado descendientes del Sketchpad de Shuterland que han ido evolucionando hacia la generación de formas cada vez más complejas.

La informática gráfica aplicada comunmente en arquitectura es el CAD (Computer Aided Design), que a través de sistemas informáticos crean diseños a partir del dibujo técnico realizado en estos. Debido a su carácter vectorial, estos diseños son capaces de transformarse a voluntad del usuario y de reproducirse a cualquier tamaño y escala sin pérdida de calidad.

La utilización de este software en la creación y análisis de diseños tiene varias ventajas entre las que destacan el gran control que se tiene sobre el dibujo por la poca probabilidad de error, la creación de formas complejas, y un consecuente ahorro de tiempo a la hora de trabajar con ellos. Los programas de CAD nos ofrecen herramientas de diseño que suelen ser comunes entre ellos. Estas herramientas suelen ser para:

- Creación y edición de geometrías.
- Visualización, impresión y consulta.
- Configuración y ayuda de la interfaz gráfica.

CAD

Dentro del género CAD han ido apareciendo subgéneros que han ido dando lugar a diferentes sectores que utilizan este tipo de programas. Entre ellos encontramos CAAD (Computer Aided

Architectonical Design), CAE (Computer Aided Engineering) y CAM (Computer Aided Manufacturing).

CAAD

El CAAD o Diseño Arquitectónico Asistido por Ordenador engloba a aquellos programas dedicados a la creación de objetos y espacios arquitectónicos con la ayuda de una interfaz dedicada a agilizar la tarea del arquitecto o arquitecta.

Un claro ejemplo de este tipo de software es el AutoCAD Architecture de Autodesk, dotado de elementos básicos como muros, ventanas, puertas, detalles constructivos, realizar plantas y a partir de ellas calcular su sección, etc.

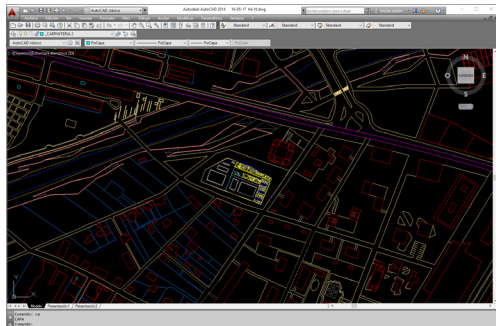
CAE

El CAE o Ingeniería Asistida por Ordenador engloba aquellos programas dedicados a estudiar y optimizar diseños, como pueden ser las estructuras. Estos se basan en entornos CAD pero tienen a su favor que además nos ofrecen la posibilidad de analizar un modelo cinemático o dinámico, el cálculo de las condiciones térmicas, de los fluidos, etc.

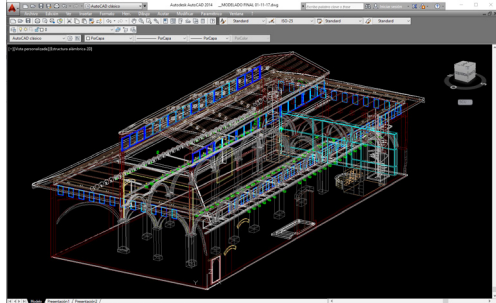
Entre los programas CAE nos encontramos con el ABAQUS de Dassault Systèmes, el ANSYS de ANSYS inc. o el NASTRAN de MSC Software.

CAM

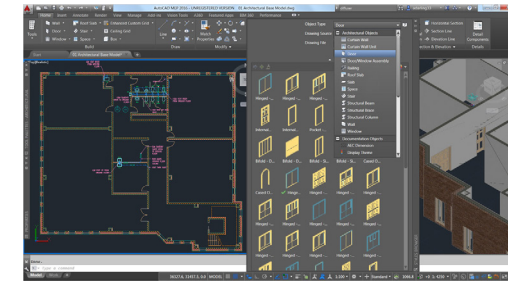
El CAM o Fabricación Asistida por Ordenador comprende el software que se utiliza en la creación de productos, ya sean únicos o en serie. Estos programas están conectados a máquinas de control numérico. Un ejemplo de estas máquinas son los tornos, fresadoras, cortadoras láser, impresoras 3D, etc.



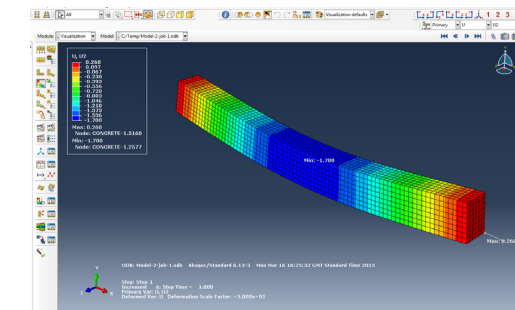
Figura_2.8. Captura de pantalla de AutoCAD.



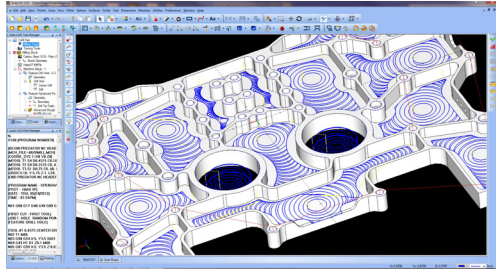
Figura_2.9. Captura de pantalla de modelado tridimensional en AutoCAD.



Figura_2.10. Captura de pantalla de AutoCAD Architecture.



Figura_2.11. Captura de pantalla de ABAQUS del análisis de una viga de hormigón armado.



Figura_2.12. Captura de pantalla modelado tridimensional en BobCAD (CAM).

BIM

Además del CAD en arquitectura se utilizan otro tipo de software como los programas de tipo BIM (Building Information Modeling), de modelado tridimensional, de postproducción, etc.

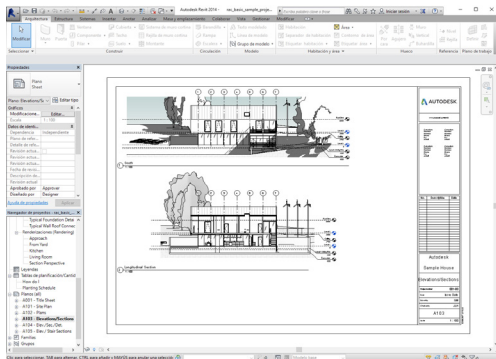
El primer caso, los programas de tipo BIM, como pueden ser el Revit de Autodesk, el ArchiCAD de Graphisoft, o el Allplan de Nemetschek, se puede decir que son una continuación de los del tipo CAD. Están destinados a ahorrar tiempo en cuanto a delineación de planos. Mientras que en el CAD se ha de dibujar cada alzado, sección, planta, etc., en el BIM se entiende como un gestor de elementos constructivos donde están todos conectados y cada uno cuenta con propiedades propias.

A partir de estos elementos se crea un proyecto conjunto del cual se extraen directamente toda la información que se necesite. Por lo tanto estamos delante de una tipología de software que crea un modelo tridimensional del cual se extrae de manera exacta todas las vistas, secciones, plantas, etc.

Otra mejora respecto al CAD es que cada modificación realizada se cambia directamente en todos los planos, así como el grosor de muros, distancias entre forjados, etc.

Estos programas también cuentan con la capacidad de realizar cálculos automáticos como pueden ser las superficies construidas y útiles, el volumen, área, etc., de un recinto y extraer estos datos en tablas.

Además de tablas y planos se pueden extraer listados de unidades de ejecución, materiales, mediciones, pesos, etc.



Figura_2.13. Captura de Revit (BIM).

Los programas tipo BIM están adquiriendo un gran protagonismo frente a los de tipo CAD en el mundo de la arquitectura debido a su gran eficiencia a la hora de trabajar.

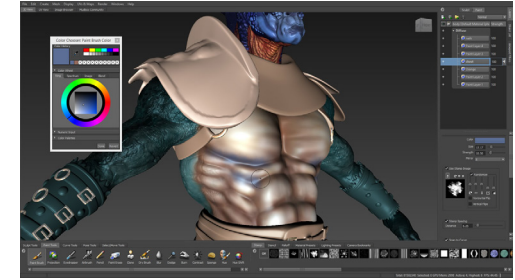
Software de modelado tridimensional

En sus inicios, los programas de CAD solamente contaban con la posibilidad de trabajar en dos dimensiones, una vez incluida la opción de la tridimensionalidad se quedaba corta a los usuarios, ya que incluían funciones básicas. De la misma manera los programas tipo BIM, aun siendo de naturaleza tridimensional no llegan a alcanzar el potencial de los dedicados a este único uso. Por esta razón se utiliza software específico para la creación de modelado 3D que permita el trabajo con formas orgánicas y complejas.

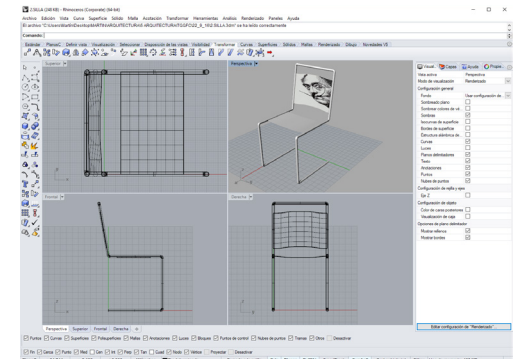
El modelado tridimensional tiene como objeto la formación de elementos complejos a partir del trabajo con sólidos y superficies primitivas. Estas formas son realizadas mediante operaciones de extrusión, revolución, generación de mallas, deformación de elementos, etc.

Entre la gran variedad de programas de este tipo encontramos Mudbox de Autodesk, o Zbrush de Pixologic, siendo estos destinados a la creación de escultura digital. Bryce de DAZ3D, o Terragen de Planetside software, entre otros, se encargan básicamente de la modelación de terrenos y entornos naturales.

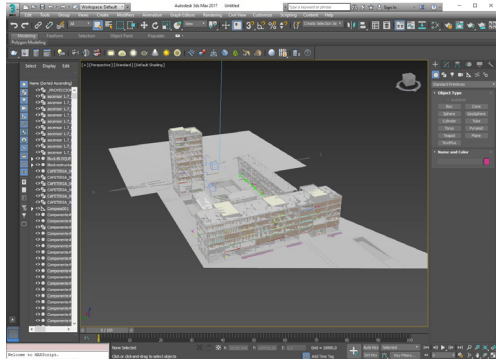
En el sector de la arquitectura podemos encontrar algunos como 3ds Max de Autodesk, Rhinoceros de Robert McNeel & Associates, usado también en diseño industrial por su gran cantidad de aplicaciones debido a las formas que se pueden crear, o Sketchup de Google.



Figura_2.14. Captura de pantalla modelado tridimensional en Mudbox de Autodesk.



Figura_2.15. Captura de pantalla modelado tridimensional en Rhinoceros.



Figura_2.16. Captura de pantalla modelado tridimensional en 3ds Max.

Software completo de modelado tridimensional

Se define como software 3D completos aquellos que son capaces no solo de modelar el objeto deseado sino que también cuenta con un motor de renderizado, herramientas de animación, sistemas de iluminación y materialización, composición y edición de video, etc., que permitan lograr una visualización fotorrealística del producto.

Además de realizar el modelado en el programa, también se puede importar desde otros como AutoCAD, para posteriormente realizar los trabajos de materialización, iluminación y renderización, pudiendo ser posible, y recomendado, la postproducción con software de retoque digital como Photoshop.

Existen otras aplicaciones de código abierto como Blender, de Blender Foundation. La ventaja que tiene sobre 3ds Max es que es gratuito, lo que está ayudando a incrementar su popularidad, y de código abierto para que cualquier usuario colabore en la ampliación de herramientas del programa.

Motores de renderizado

Al proceso de crear una imagen virtual partiendo de un modelo en tres dimensiones se le llama renderizado. Para realizar este proceso se necesita un programa de modelado tridimensional. Como hemos visto hay algunos programas como 3ds Max de Autodesk que lo incluyen en sus prestaciones, no obstante contamos con una gran variedad de motores de renderizado que pueden funcionar como un programa independiente al que habría que exportar el modelo, o también pueden instalarse como plugin para el programa de modelado tridimensional.

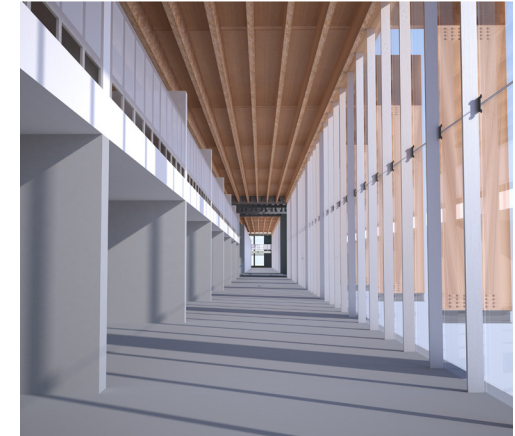
Los motores de renderizado cuentan con características similares entre sí:

- Definen la materialización del modelo (textura, opacidad, refracción, etc.)
- Definen la iluminación de la vista (tipo de luz, potencia, etc.)
- Definen las condiciones fotográficas y ambientales (Profundidad de campo, tipo de lente, etc.)
- Extracción de la imagen a partir de los datos introducidos.

Entre los motores de renderizado más importantes nos encontramos con Mental Ray de Nvidia, Vray de Chaos Group y Arnold de Solid Angle. Este último es el considerado ejemplar para el uso arquitectónico, ya que se instala dentro del mismo programa de modelado tridimensional y tiene gran alcance. Ejemplos de esto son los programas 3ds Max, Sketchup, Rhinoceros, Maya o Blender.

Postproducción

Una de las partes más importantes a la hora de realizar una imagen virtual y que quede real es la postproducción, ya que no basta solamente con la imagen creada por el motor de renderizado. Ésta consiste en el retoque de la misma a mano de software de edición de imágenes digitales, tanto estáticas (fotografía) o dinámicas (animación).



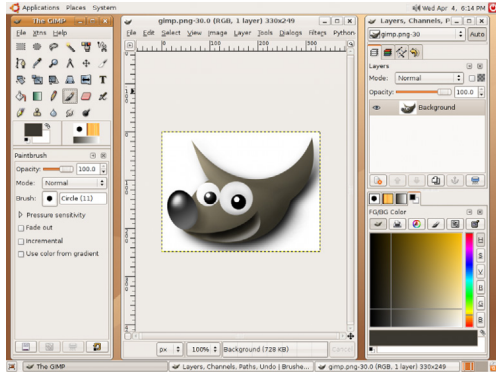
Figura_2.18. Imagen renderizada con V-ray de Chaos Group utilizado en Sketchup.



Figura_2.17. Imagen renderizada con V-ray de Chaos Group.



Figura_2.19. Postproducción fotográfica con Photoshop.



Figura_2.20. Captura de pantalla de Gimp.

En el grupo de programas de postproducción nos encontramos con Photoshop, de Adobe, que es el más conocido para realizar esta tarea a nivel internacional. No obstante también se puede obtener la alternativa gratuita, Gimp, de Gimp.org, siendo éste un programa de interfaz similar pero de menos potencia.

Como ejemplo de la composición de vídeo digital, cada vez más utilizada en arquitectura, encontramos programas como Premiere Pro o After Effects, ambos de Adobe, o Combustion, de Autodesk.

Las posibilidades que nos ofrece la utilización de este software es inmensa:

- Adición de elementos, personas, vegetación, etc.
- Corrección de los valores de contraste, saturación, tono, color, etc.
- Gran cantidad de efectos de luz, atmosféricos, etc.
- Aplicación de una gran galería de filtros.
- Adición de texto.
- Retoque de imperfecciones en la imagen.

3. REALIDAD VIRTUAL



Figura_3.1. Hombre utilizando un HDM.

3.1. Introducción a la Realidad Virtual

La Realidad Virtual es un término que se utiliza para definir un conjunto de experiencias sensoriales provocadas por un ordenador o máquina mediante espacios virtuales (Abásolo et al. 2013, p.275). La mayor parte de las aplicaciones de realidad virtual están relacionadas con la vista, donde el usuario, por medio de dispositivos electrónicos se sumerge en un mundo virtual tridimensional.

Para conseguir una inmersión más realista los espacios simulados deben ser realistas, además de estar representados de manera correcta, es decir, no pueden ser imágenes estáticas, el usuario debe poder interactuar con el entorno de manera dinámica y en tiempo real.

La Realidad Virtual puede ser semiinmersiva, sin necesidad de introducirnos en el mundo virtual, tan solo usando elementos como un monitor y una consola, como en un videojuego.

En la Realidad Virtual inmersiva nos encontramos con dispositivos diseñados para hacer posible "entrar" al mundo virtual como los guantes que tienen como finalidad traspasar los movimientos del usuario a la pantalla, como Power Glove, de Nintendo, el primer controlador de interfaz periférica, transmisor de movimientos de la mano, o como los HDM (Head Mounted Display) que nos proporcionan una visión y un sonido que nos sumerge completamente en el entorno virtual, gafas de realidad virtual, sensores de movimiento, etc. Toda esta tecnología se encarece a medida que aumentamos la calidad de la experiencia inmersiva, pues se ven involucrados más sentidos que debemos simular.



Figura_3.2. Hombre utilizando unas gafas de realidad virtual.

La Realidad Virtual tiene una gran aplicación en el sector de los videojuegos, cada vez más en auge. Las compañías están desarrollando nuevas formas de entretenimiento utilizando este método, como las gafas Oculus Rift de Google que nos permiten jugar a una gran variedad de videojuegos para PC.

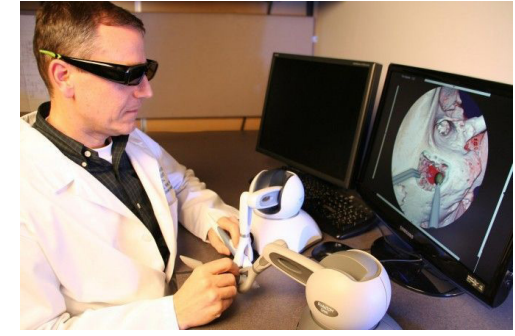
Su aplicación en el campo de la medicina es muy valiosa ya que sirve de entrenamiento quirúrgico simulando operaciones, tratamiento de fobias, da información a tiempo real como el número de latidos, temperatura, etc.

En la educación puede servir, no solo para cambiar los métodos comunes de enseñanza, sino que también sirve para, por ejemplo, mostrar información de un cuadro o escultura solo con enfocarla. En el caso de este trabajo es utilizada de manera similar para visitar un edificio histórico de la ciudad de Valencia.

3.2. Evolución Histórica

A mediados del siglo XIX Charles Wheatstone desarrolló el Estereoscopio, un artilugio capaz de crear imágenes tridimensionales. Con una apariencia similar a las gafas de realidad virtual de hoy en día, el estereoscopio de Wheatstone hacía posible reproducir el efecto del ojo humano mediante la observación de dos imágenes, cada una con un ojo, tomadas desde puntos de vista con una distancia igual a la de las pupilas o mayor.

En 1853 Wilhelm Rollmann describió en un artículo por primera vez el método de los anáglifos, consistiendo éste en utilizar unos lentes especiales, de color diferente en cada ojo, para que al ver dos imágenes de dos dimensiones se percibiera como una



Figura_3.3. Entrenamiento quirúrgico mediante un paciente virtual.



Figura_3.4. Fotografía estereoscópica.



Figura_3.5. Estereoscopio diseñado por Oliver Wendel Holmes.

tridimensional. Estos lentes fueron patentados por Louis Ducos du Hauron en 1891 (Gifreu 2014).

En 1936 el "View-Master" se empieza a comercializar para visualizar estereogramas a través de micro transparencias. Ya en 1970 Stephen Gibson patenta las gafas llamadas "Deep Vision", también con anáglifos, pero éstos de colores rojo-cyan, ya que puede reproducir el color de la piel.

En los años 50 Fred Waller creó Cinerama, un conjunto de proyectores que, trabajando en sincronía formaban una imagen panorámica en una pantalla curvada que producía sensación de inmersión en la película, debido a que el campo de visión del ojo humano quedaba prácticamente completo. Además estaba equipado por un sonido estereofónico de siete pistas que ayudaban a producir este fenómeno.

En 1958 Morton Heilig, fascinado con las posibilidades del Cinerama, patentó Sensorama, una máquina parcialmente integral de realidad virtual. Heilig (1958) definía su invento de la siguiente manera: "La presente innovación se relaciona en general con un aparato simulador y, más en particular, con un aparato que estimule los sentidos de un individuo para que simule una auténtica experiencia de un modo realista." De esta manera Sensorama contaba con olores ambientales y ventiladores para expulsarlos cuando hiciera falta. La combinación de posibilidades según la respuesta del usuario es lo fascinante de Sensorama (Gifreu 2014).

Morton Heilig se puede decir que fue el primero en construir un HDM (Head Mounted Display) o casco virtual, pero fue Sutherland el que lo mejoró introduciendo la informática.



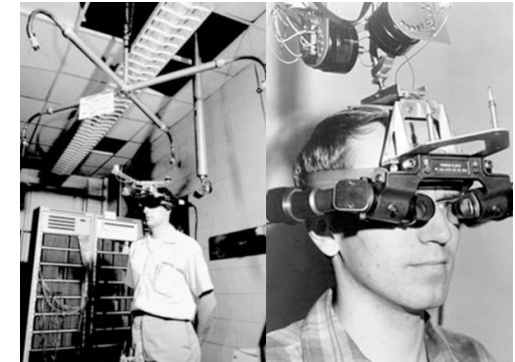
Figura_3.6. Morton Heilig probando Sensorama (1958).

Sutherland dió forma al concepto de realidad virtual, haciendo énfasis en la introducción de otros sentidos a parte de la vista y el oído, prioritariamente el tacto. En 1968, junto con su alumno Bob Sproull, creó la "Espada de Damocles", el primer HDM conectado a un ordenador y recibiendo imágenes a través de éste. El invento es el antecesor de las gafas de realidad virtual que hoy en día conocemos como pueden ser las Samsung, Oculus Rift o Sony.

En 1969 se crea "Aspen Movie Map", a manos de los investigadores del MIT, que recuerda a Google Streetview de la actualidad. Esta película consistía en una simulación virtual por la ciudad de Aspen que se grabó con cuatro cámaras situadas en un vehículo que recorría sus calles. Contaba con tres modelos diferentes: invierno, verano y polígonos. Las dos estaciones estaban en un recorrido basado en fotografías. El de los polígonos era un modelo tridimensional básico de la ciudad.

A principios de los años 1980 Jaron Lanier, considerado uno de los pioneros de la realidad virtual, popularizó este término para referirse a esta nueva tecnología. En 1985 fundó su empresa VPL Research, donde creó numerosos dispositivos de realidad virtual como Eye Phone o Audio Sphere (Gifreu 2014).

Se comienza a utilizar la Realidad Virtual para usos médicos, diseño industrial automovilístico, militar y simuladores de vuelos. En 1995 Chet Dagit y Bob Jacobson crearon "Cave-like", diseñado para tener una inmersión virtual en 270°. En el mismo año Nintendo sacaba a la venta "Virtual Boy", la primera consola de realidad virtual, cuyos gráficos eran en 3D y en rojo y negro. No obstante fue un fracaso dado a su tamaño y fragilidad, sumando el hecho de que producía dolor de cabeza.

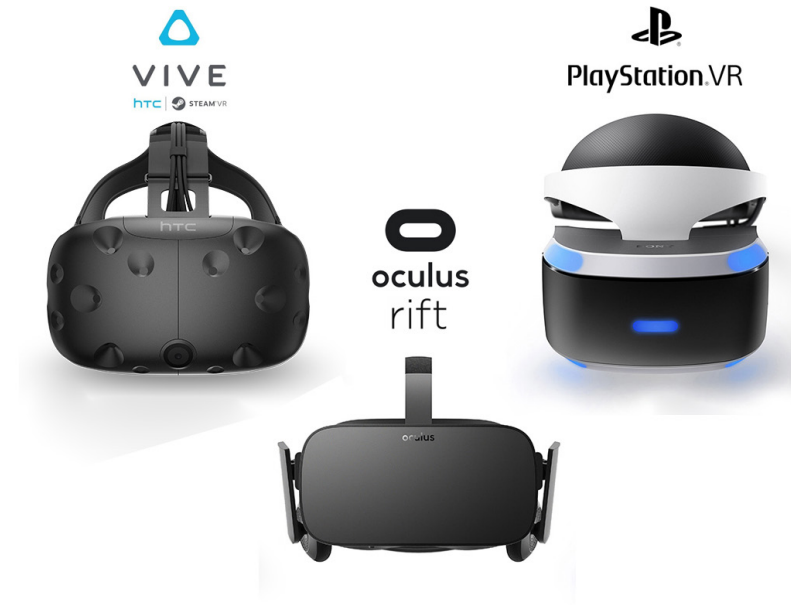


Figura_3.7. Ivan Sutherland probando la "Espada de Damocles" (1968).



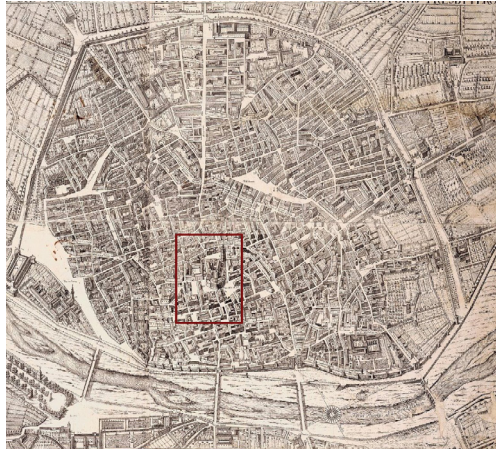
Figura_3.8. Virtual Boy de Nintendo.

Dando un salto en el tiempo, en 2007 Google presentó Google Streetview, un servicio capaz de enseñar cada rincón del planeta a partir de fotografías panorámicas en 360°. En 2010 Palmer Luckey diseñó las primeras Oculus Rift. Este prototipo fue la inspiración de muchas empresas como Sony o Samsung para crear sus propios productos.



Figura_3.9. HTC Vive, Oculus Rift y Playstation VR.

4. EL ALMUDÍN DE VALENCIA



Figura_4.1. Aspecto de la ciudad de Valencia, según un plano de la primera mitad del s.XVI.

4.1. Evolución Histórica

El Almudín de Valencia históricamente era un simple pórtico donde se ejercían actividades mercantiles en el siglo XIII y que, al ir ampliándose por la compra de construcciones adyacentes en el siglo XV, va tomando forma de edificio compacto con un patio interior descubierto y, a partir de finales del siglo XVI y principios del siglo XVII empieza a tener una imagen parecida a la que tiene hoy en día, con el patio interior cubierto dando paso a una tipología basilical (Aguilar 1996, p.85).

Los textos más antiguos referentes al Almudín son las escritas por Llop (1675) y Marés (1681), ambos con fechas de construcción diferente, mientras que Llop indica que fue en 1517, Marés data el Almudín en 1417. Según Teixidor (1767) el antiguo Almudín se situaba delante de la Mezquita Mayor, que en 1241 se traslada a las carnicerías y, posteriormente, en 1255 se donó a Teresa Gil de Vidaure, situándolo, en este instante, cerca del Alcázar. Según Llop (1675) la fecha de construcción del Almudín sería 1517 y, junto con Orellana (1790), datan la puesta del escudo central del solado del edificio en 1571 (Aguilar 1996).

En 1376, recogido por Cruilles (1876), Pedro II en Barcelona da el privilegio "para extender alhóndiga y compra de casas". Hecho que produce la centralización de la actividad mercantil con trigo en el Almudín del Alcázar. En 1413 se produce otra ampliación del Almudín y en 1416 se crea el cargo depositario del trigo.

A mediados del siglo XV el Almudín necesitaba una ampliación debido a su estado ruinoso, por lo que se procede a comprar la edificación colindante perteneciente a la familia Vilaragut, de la cual quedan algunos indicios como la estructura de arcos

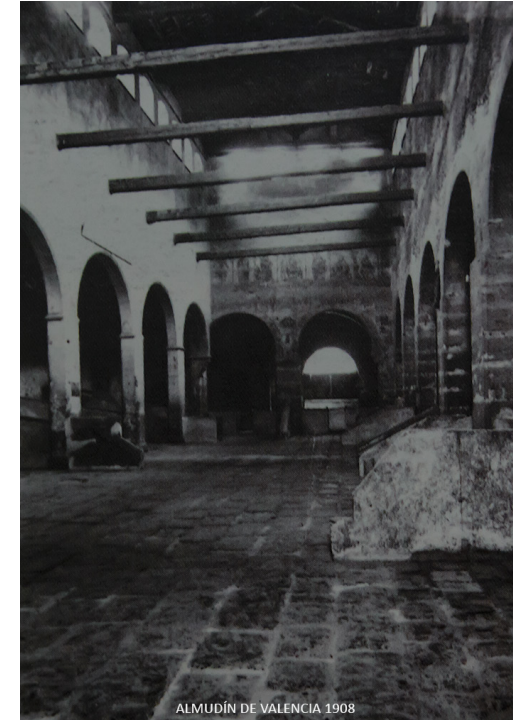


Figura_4.2. Aspecto del Almudín en 1917.

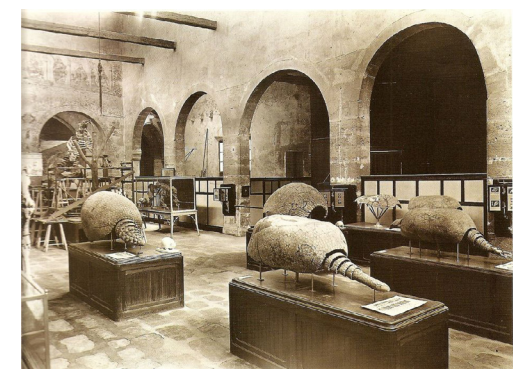
rebajados en las esquinas y sus apoyos, con capiteles de gran laboriosidad en la galería este del patio. Y, a finales del siglo, se compran dos casas más aledañas al Almudín que permitieron la ampliación hacia el extremo occidental, observándose un pavimento de cantos rodados organizado de manera regular bajo en enlosado de finales del siglo XVI. De esta manera el edificio de finales del siglo XV está configurado con dimensiones y disposición muy parecidas a las actuales (Aguilar 1996).

El 30 de abril de 1874 se hace pública la noticia por el diario Las Provincias: "Cada día que pasa es más amenazador el aspecto que presenta el edificio del Almudín...". Debido a este aspecto se decide vender el solar para la construcción de otro edificio, pero el equipo encargado de esto decide restaurar el Almudín para lograr así su mantenimiento (Aguilar 1996). Las obras de consolidación y el cambio de cubiertas hizo posible conservar el monumento.

A principios del siglo XX deja de desarrollar sus funciones como centro fundamental del mercado del trigo, dando paso así, en 1908, a convertirse en el Museo Paleontológico de la ciudad de Valencia hasta el año 1989. En 1969 fue declarado Monumento Histórico-Artístico de carácter nacional. La restauración de finales del siglo XX (1992-1996) fue dotada de un Premio Europa Nostra de 1996 y con una mención de los premios del Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana (Aguilar 1996, p.105).



Figura_4.3. Fotografía de la nave central del Almudín en 1908.



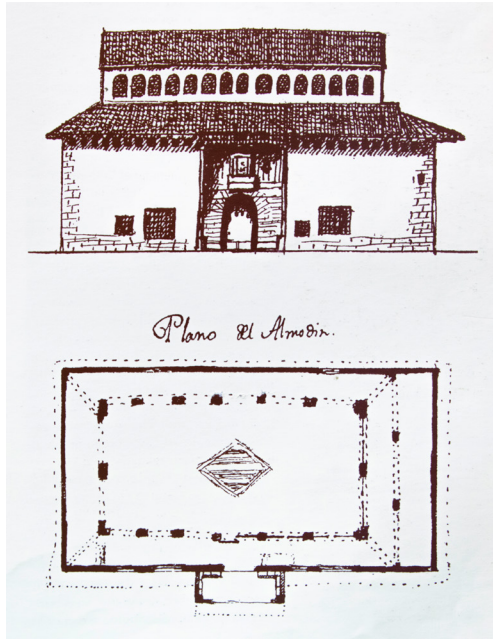
Figura_4.4. El Almudín como Museo Paleontológico de la ciudad de Valencia.

4.2. Evolución Arquitectónica

El Almudín de la ciudad de Valencia, construido con formas góticas, ha sido completado a lo largo de un trayecto histórico que dura hasta los comienzos del s.XX prácticamente. Se trata de un monumento de gran valor arquitectónico por su configuración tipológica evolutiva, desde la ordenación inicial en torno a un patio hasta su resultado basilical. Desde 1261, situado en alguna zona abierta del alcázar islámico, adoptó la configuración tipológica de edificio desarrollado en torno a un patio descubierto, contando con al menos doce arcos. Probablemente los límites fueran algunas casas o edificaciones colindantes y la muralla del recinto (Añón et al. 1996, p.16).

De planta trapezoidal, como resultado de la construcción de una crujía única vertida al patio central, con dos arcos de medio punto en los lados menores, que son apuntados en el occidental, adquiere mayor complejidad por duplicación de la crujía en el lado oriental, debido a la incorporación de un atrio recayente a la plaza S. Luis Bertran, y seis en cada uno de los mayores (Añón et al. 1996, p.16).

En los arcos interiores se observa la evolución de las técnicas usadas por los canteros locales además del crecimiento del edificio. A excepción de dos de los pertenecientes a edificaciones preexistentes o los abiertos con posterioridad sobre las fábricas para introducir ventanas de ventilación, los demás arcos están contruidos con cantería.

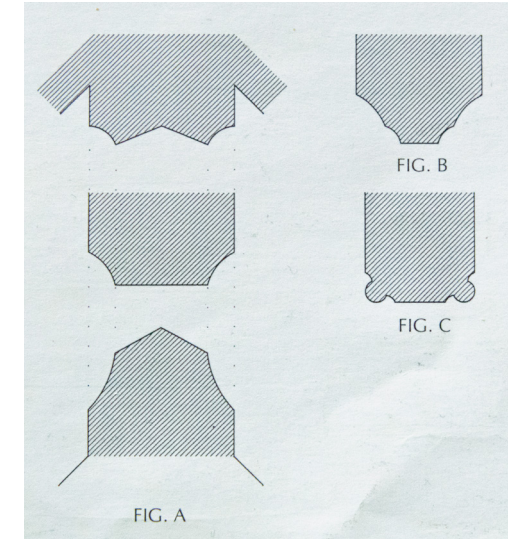


Figura_4.5. Planta y alzado a la calle Almudín según un dibujo de finales del s.XVIII.

Dentro de los 27 arcos principales se pueden dividir en tres grupos según sus funciones:

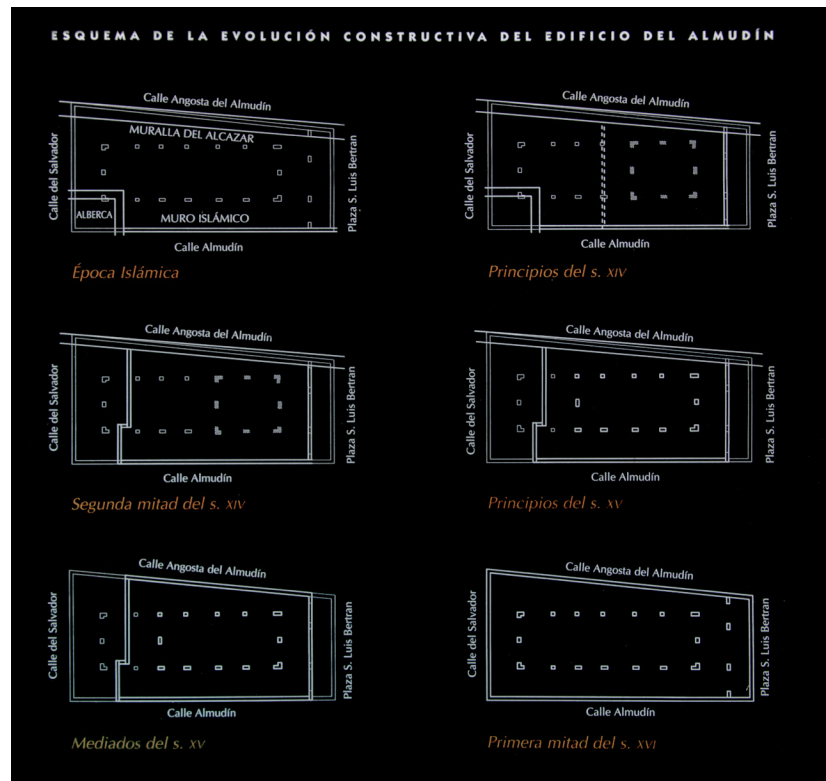
- Aquellos que resuelven la estructura interior permitiendo hacer que la planta sea lo más diáfana posible. Todos de medio punto excepto dos de ellos que están apuntados del lado menos occidental del patio y los opuestos.
- Aquellos que hacen posible la comunicación con el exterior (ventanas y accesos).
- Aquellos que unen las esquinas interiores con las perimetrales del Almudín. Dentro de estos cuatro arcos encontramos tres tipos diferentes que podemos observar analizando sus secciones, que revelan el tratamiento obvio de la nervatura asignada a cada uno.

Tal y como se ha descrito, la evolución del Almudín de Valencia ha sido tipológica y espacial a lo largo de su historia. Ésta es más notable en el cambio de edificio en torno a patio central al modelo basilical, provocando que, al construir unos tejados sobre fábrica preexistente y recrecidas, se modificaran las cargas recayentes sobre estas fábricas y con ello la desestabilización estructural que sufre el edificio hasta el día de hoy, a parte de cambiar la iluminación con la que en sus inicios contaba el monumento (Añón et al. 1996, p.22).



Figura_4.6. Detalle de los arcos situados en la zona de encuentro de la nave central con las galerías sur y oeste del interior del Almudín tras la restauración.

Cuenta con cuatro tipos de fábricas con las que se ha construido el sistema murario, por una parte encontramos la cantería, constituida por sillares de piedra caliza y que se utiliza principalmente en las zonas de recepción de cargas. La más utilizada es la tapia valenciana, formada por tierra con gravas y cal apisonada, seguida por la tapia de tierra con argamasa de gravas y mampostería, situado en la base de los muros de cerramiento, y por la fábrica de ladrillo macizo de pie y medio o dos pies de espesor con mortero de cal y arena, utilizada en reparaciones, rellenos, etc (Añón et al. 1996).



Figura_4.7. Esquema en planta de la evolución constructiva del AlmuDín de Valencia.

5. CASO PRÁCTICO

5.1. Realidad Virtual a través de Panoramas Fotográficos Esféricos en 360°

El proceso de elaboración contuvo tres fases; en primera instancia se pidieron los permisos administrativos para la realización de la captura fotográfica al Ayuntamiento de Valencia. Una vez obtenidos los permisos se realizó el trabajo de campo, que consistió en la captura de fotográfica de los panoramas. Por último se realizó el procesamiento de estas imágenes mediante software informático.

AJUNTAMENT DE VALÈNCIA

N. Expedient	00128-2017-083009	Destinatari(a) / Destinatari(a)s	MARTIN CIPOLETTA
N. Salida			CL/ ALBALAT DELS TARONGERS, 38, 6,
Data	26/06/2017		12
Fecha			46021, VALENCIA (VALENCIA)
Expedient	E-02001-2017-000849-00		
Expediente			
Servici	PATRIMONIO HIST Y ARTIST.		
Servicio			
Secció			
Sección			
ASSUMPTE	NOTIFICACION		
ASUNTO			

Visto lo solicitado en su instancia de fecha de entrada en el Registro General de este Ayuntamiento, el 14 de junio de 2017 con nº 00110/2017/059337, adjunto le transcribo para su conocimiento y a los efectos oportunos, informe emitido al respecto por la Técnico de Gestión del Museo de la Ciudad, con fecha 23 de junio de 2017.

"En relación a la instancia presentada por Don Martín Cipoletta, estudiante de la Universidad Politécnica de Valencia, en la que solicita permiso para realizar un reportaje fotográfico en el edificio del Almudín; al objeto de recabar material técnico para la realización de su trabajo Final de Grado, la funcionaria que suscribe informa:

- 1º.-Que dado el carácter educativo y cultural del proyecto, no existe inconveniente en que se acceda a la solicitud cursada.
- 2º.- En el caso de que el trabajo citado fuera publicado, el interesado deberá enviar cinco ejemplares de la publicación al Museo de la Ciudad, Plaza del Arzobispo nº8.
- 3º.-Con el fin de concretar fecha y hora de trabajo, el interesado deberá contactar previamente con la técnica de gestión que suscribe llamando al teléfono 96 208 4172".

Antefirma	Nom	Data	Emissor cert	Num. sèrie cert
MARGINAR	MARIA TERESA GUERRERO PASTUR	26/06/2017	A0CVCA-120	6925640551241623254
CAP. SECCIO M. SECC. MUSEUS I MONUMENTS	ANTONIO VICENTE HERRERO GOMEZ	27/06/2017	A0CVCA-120	13779998286164246

Figura_5.1. Permiso para la toma de fotografías.

Para la realización panoramas fotográficos esféricos en 360° se ha de tener un numero suficiente de imágenes que permitan cubrir toda la escena garantizando un solape mínimo de un tercio entre fotografías adyacentes con el fin de que el programa de cosido o stitching pueda encontrar suficientes puntos homólogos entre fotografías para garantizar una correcta unión entre fotografías. Como en un panorama esférico suele haber altos contrastes lumínicos entre las sombras y las luces, se ha utilizado la técnica de captura HDR (High Dynamic Range) que consiste en realizar un horquillado de -3, +0 y +3EV, para cada una de las posiciones de cámara. Se ha empleado un objetivo gran angular con una distancia focal equivalente de 28 mm y una cámara fotográfica réflex Canon 7D, montada sobre un trípode con cabezal panorámico Manfrotto 303 SPH.

La cámara fotográfica se ha situado a la altura del ojo humano y se han tomado un total de 114 fotografías por panorama en 38 posiciones de cámara (horquillado de 3 fotografías por posición), que se corresponden con tres anillos de 12 posiciones por vuelta con incrementos de giro horizontal de 30°, el primero con el eje óptico horizontal, el segundo con el eje óptico formando un ángulo de 45° con la horizontal y el tercero formando un ángulo vertical de - 45°, finalizando con dos posiciones con el eje óptico vertical, por un lado el zenit, posición mirando al cielo y el nadir, posición mirando al suelo.

Para obtener las imágenes en HDR se han importado las fotografías tomadas con la técnica de horquillado al programa Zero Noise, de libre distribución, mediante el cual se fusionan en una imagen final de alto rango dinámico. Este proceso da lugar a treinta y ocho imágenes en HDR por cada panorama.



Figura_5.2. Panorama fotográfico esférico en 360° de la nave central del Almudín con exposiciones -3, +0 y +3 EV.

La creación de los panoramas se realiza por medio del programa de cosido de imágenes o stitching Hugin, también de libre distribución. El proceso comienza con la importación de las treinta y ocho fotografías que componen cada panorama. Posteriormente el programa aplica un algoritmo de detección de puntos homólogos para crear los puntos de control necesarios para la orientación y disposición espacial de las fotografías que permite crear una única imagen panorámica en 360°. Se optimiza la imagen geoméricamente, para corregir las distorsiones radiales con lo que se produce un auto calibrado de la cámara. También se optimizan los parámetros fotométricos, con el fin de evitar diferencias luminosas entre fotografías debido al efecto del viñeteado o de una exposición variable entre las tomas. Tras la comprobación y respectivo enderezamiento de la imagen en el visor se ensamblan las fotografías. En nuestro caso se ha optado por una resolución de salida de 12000 x 6000 píxeles en formato TIF. Este proceso da lugar a una imagen panorámica de alto rango dinámico.

Dado que una imagen de alto rango dinámico no puede reproducirse de forma veraz por las limitaciones de la gama cromática o gamut de los monitores actuales, se debe proceder a lo que se denomina mapeo tonal, es decir, la conversión de la imagen a una imagen de bajo rango dinámico en la que se han elegido los mejores tonos para las franjas tonales de las luces, los medios tonos y las sombras. Previamente al mapeo tonal se ha utilizado Photoshop para realizar tres imágenes a partir del panorama HDR con exposiciones de -3, +0 y +3 EV.

Para realizar el mapeo tonal se ha utilizado el programa Photomatix. Con este procedimiento podemos seleccionar los valores de iluminaciones, sombras, contraste, saturación,

cantidad de tonos medios, etc. que son necesarios para una representación verosímil de la imagen.

Una vez obtenidos todos los panoramas en 360°, se importan al software Krpano que permite la creación de un tour virtual de éstos. Las fotografías panorámicas se transforman en imágenes panorámicas cúbicas, que dan lugar a seis imágenes rectilíneas por panorama, correspondientes a cada una de las caras de un cubo. En la imagen correspondiente al pavimento, se suprime el trípode utilizado en la toma de fotografías y las sombras arrojadas por el mismo, con un programa de retoque fotográfico digital.



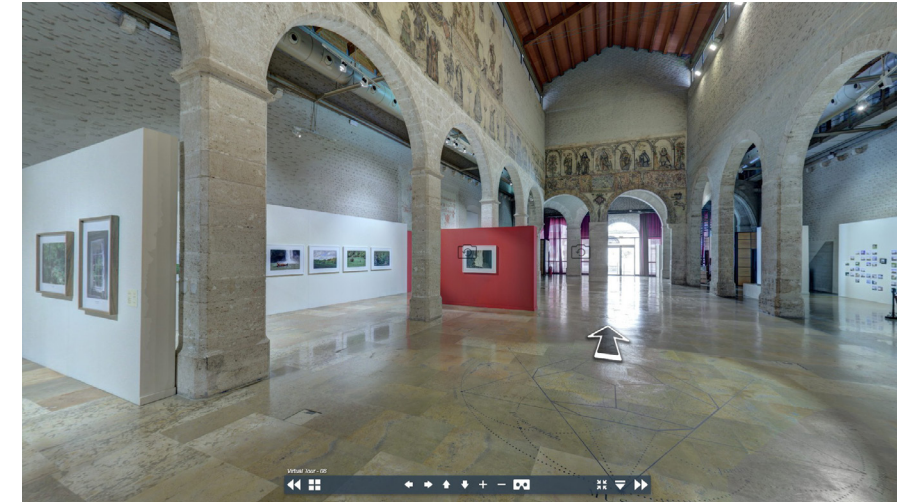
Figura_5.3. Imagen panorámica cúbica de la nave central.

A continuación se introducen una serie de elementos interactivos denominados hotspots que pueden ser de tres tipos; aquellos que marcan los enlaces entre panoramas que definen el recorrido, los que nos ofrecen información adicional en forma textual acerca de elementos puntuales representativos y aquellos que nos permiten obtener una imagen de la evolución histórica del monumento. También se asigna el punto de vista inicial de cada panorama. Esto se realiza realizando una programación en un lenguaje parecido al javascript propio del entorno de Krpano.

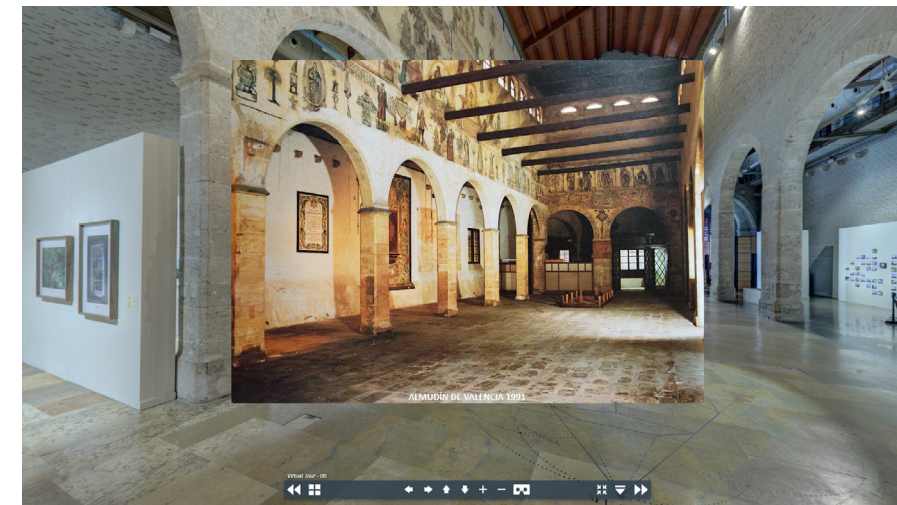
La visualización del recorrido virtual de fotografía panorámica en 360° se realiza a través de internet, por lo que es necesario depositar los archivos creados en Krpano a un servidor web. Consecuentemente se ha generado un código QR con el fin de distribuir eficazmente la información.

A continuación se muestran una serie de capturas de pantalla del tour virtual y los panoramas esféricos en 360° obtenidos mediante Photomatix.

Enlace: <http://personales.alumno.upv.es/marci/tour.html>



Figura_5.4. Visita virtual mediante panoramas esféricos a través de internet.



Figura_5.5. Visita virtual mediante panoramas esféricos a través de internet con hotspot de imagen.



CISGA
ARDIA
HOZ & SIN PE

LA VEI
LA VEI
LA VEI
WZ

LA VEI
LA VEI
LA VEI
WZ



ARCIS GARDEN
GVARDIA
AVE 107 & SIN PECA

ARCIS GARDIA SIGVND

LA VEU
1917-1918

HABI TAR

HABI TAR

HABI TAR

ARCIS GARDIA SIGVND

ARCIS GARDIA SIGVND



EXPO 2011

LA VEU
de pintura







TURIS DEL TA'emps



MUSEU
El Museu de Turis és un espai d'història i d'art que ofereix una visió única de la ciutat i de la seva evolució. A través de les seves exposicions, els visitants podran descobrir la riquesa cultural i patrimonial de Turis, des dels seus orígens fins a l'actualitat. El Museu està situat en un edifici històric que ha estat restaurat i adaptat per acollir aquest espai d'educació i de descoberta.









16

16



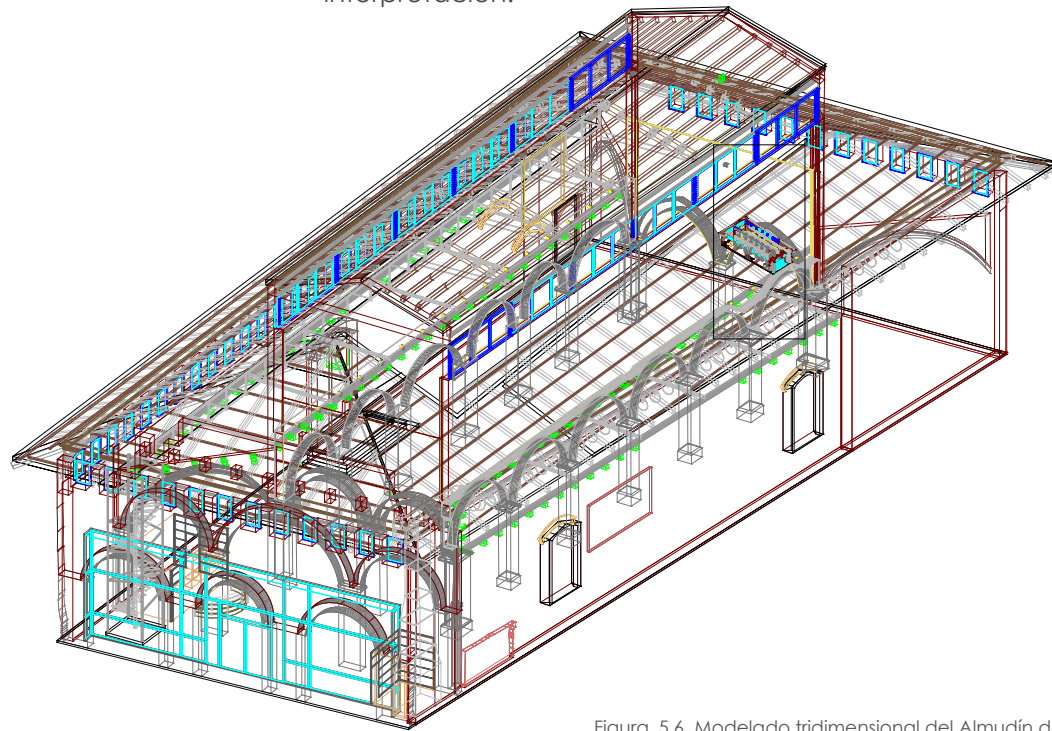
16



5.2. Realidad Virtual a través de Unreal Engine

El procedimiento cuenta con tres fases, la compilación de material gráfico, la modelización tridimensional del monumento y el procesamiento de materiales e iluminación necesario para su correcta interpretación.

La documentación planimétrica se adquiere a través de la toma de datos del archivo histórico de patrimonio de la ciudad de Valencia y la delineación de planos a partir de imágenes obtenidas mediante la técnica fotogramétrica, utilizando los panoramas en 360° obtenidos con Hugin y exportando las imágenes con un objetivo tipo rectilíneo para su correcta interpretación.



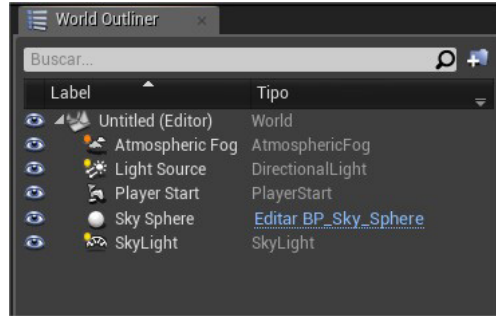
Figura_5.6. Modelado tridimensional del Almudín de Valencia.

Empleando la planimetría se desarrolla el modelo tridimensional del monumento con un programa de CAD. Los elementos se clasifican por capas para su posterior edición, prestando especial atención a la separación de todos los elementos por material y por la dirección de la normal de la cara sobre la que éste se aplicará. Este procedimiento permite una visualización realística de las texturas. En el caso que nos ocupa, se han clasificado los elementos con materialidad homogénea en la misma capa, siendo indiferente la dirección de proyección material sobre las caras del objeto. El resultado final del modelo ha dado lugar a un total de 75 tipos de objetos separados en el mismo número de capas. El modelado tridimensional se posiciona en las coordenadas $X=0$ $Y=0$ $Z=0$, con el sistema métrico decimal en centímetros y se exporta al programa 3ds Max.

Seguidamente se realiza el mapeado de materiales para cada una de las capas importadas modificando su Mapa UVW. Este modificador controla la proyección de los materiales sobre las superficies de un objeto, repercutiendo en las coordenadas y la escala de los mismos. Concluida la modificación se fusionan los canales y los mapeados con la geometría. A continuación se exporta cada elemento del modelo en formato .FBX, marcando las opciones que permitan la triangulación del modelado y la conservación del sistema de referencias, así como el suavizado y los encuentros de elementos, teniendo en cuenta que la unidad métrica es el centímetro y el eje Z es el vertical.

Una vez en Unreal Engine 4 se crea un nuevo proyecto en el que incluiremos las acciones necesarias para la reproducción del espacio virtual, que son las siguientes:

- Player Start, que determina el comienzo del recorrido.



Figura_5.7. Elementos básicos para la creación de un ambiente en Unreal Engine 4.

- Light Source, que hace referencia a la luz solar, tanto a su intensidad como orientación.

- Sky Light, que proporciona la iluminación difusa necesaria para dar claridad al ambiente. De la misma manera que la acción anterior nos permite controlar parámetros como la intensidad lumínica, la escala, etc.

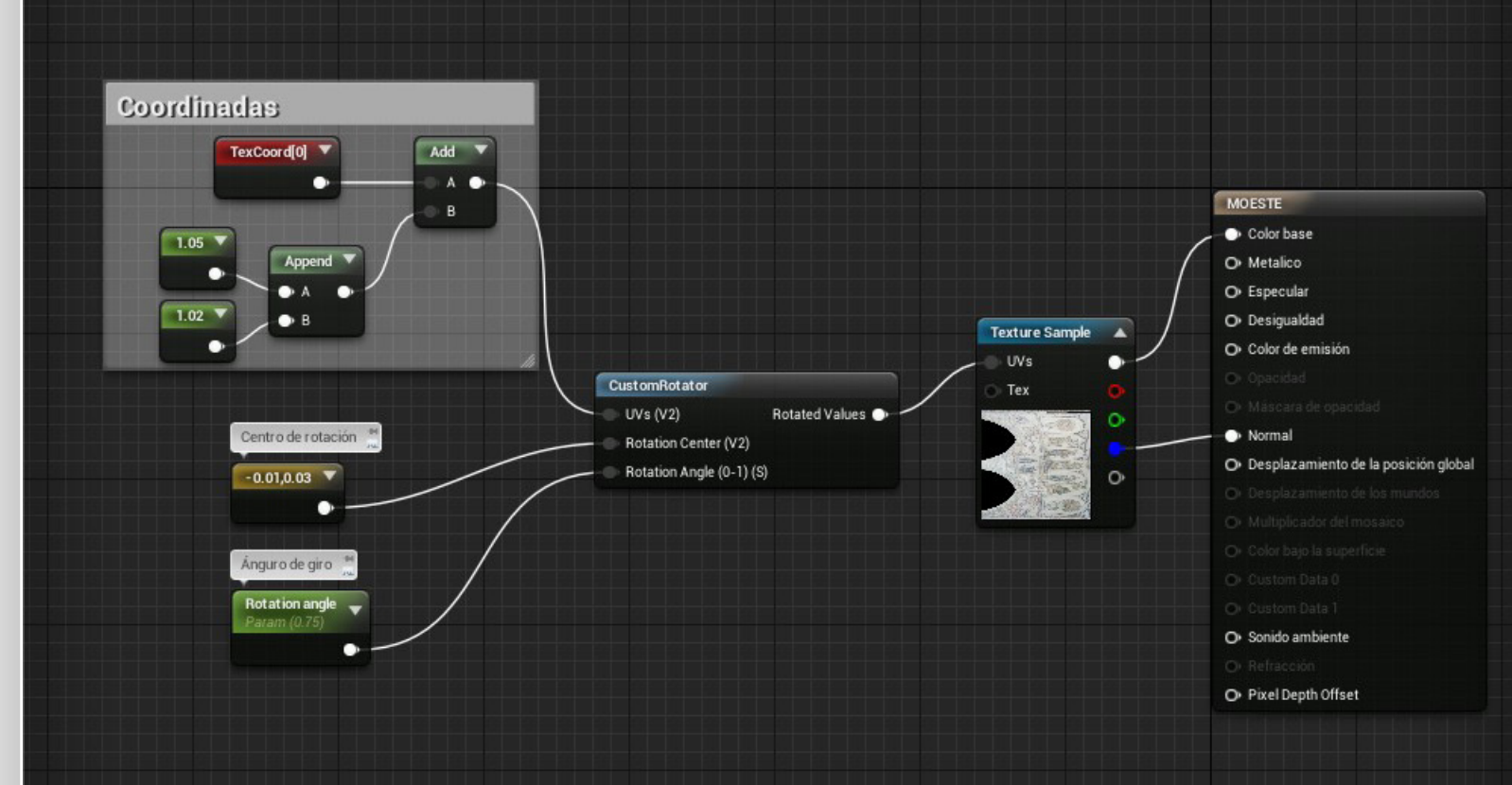
- Atmospheric Fog, que es la niebla atmosférica que crea el entorno, dando lugar a la aparición del horizonte. También permite modificar su densidad, escala, color, etc.

- BP_Sky_Sphere, con la que creamos el cielo, la cantidad de nubes, su escala, densidad, velocidad del viento, etc.

A continuación importamos todos los archivos .FBX. Se activa la opción de generar el mapeado de luz y se desactiva la creación automática de colisión con cada uno de los objetos. Esto detecta como la incidencia de la luz en cada uno de los elementos y evita la creación colisiones simples no deseadas, como en los huecos de los pórticos, que evitarían el paso del recorrido por dichos huecos.

Seguidamente se modifica cada uno de los componentes del modelo creando una colisión compleja que permite subsanar el error que produce la colisión simple. Una vez establecida en todos los archivos, se seleccionan y se arrastran al espacio de trabajo donde se observa la relación con las acciones primeras.

La creación de materiales se realiza partiendo de fotografías del monumento, que se importan a la carpeta "Textures". En la carpeta "Materials" elegimos la opción de crear un material



Figura_5.9. Creación de materiales incluyendo textura, las coordenadas y el giro de la misma.

nuevo y, mediante parámetros como la textura, la escala, etc., se confecciona hasta obtener el efecto deseado. Para cada elemento se produce un material que posteriormente se le asigna.

Consecutivamente se introducen las luces interiores, dando realismo a la escena, y los reflejos que éstas producen sobre los distintos materiales con cajas o esferas de reflexión, en caso de que los tengan, como la carpintería de aluminio o los vidrios.

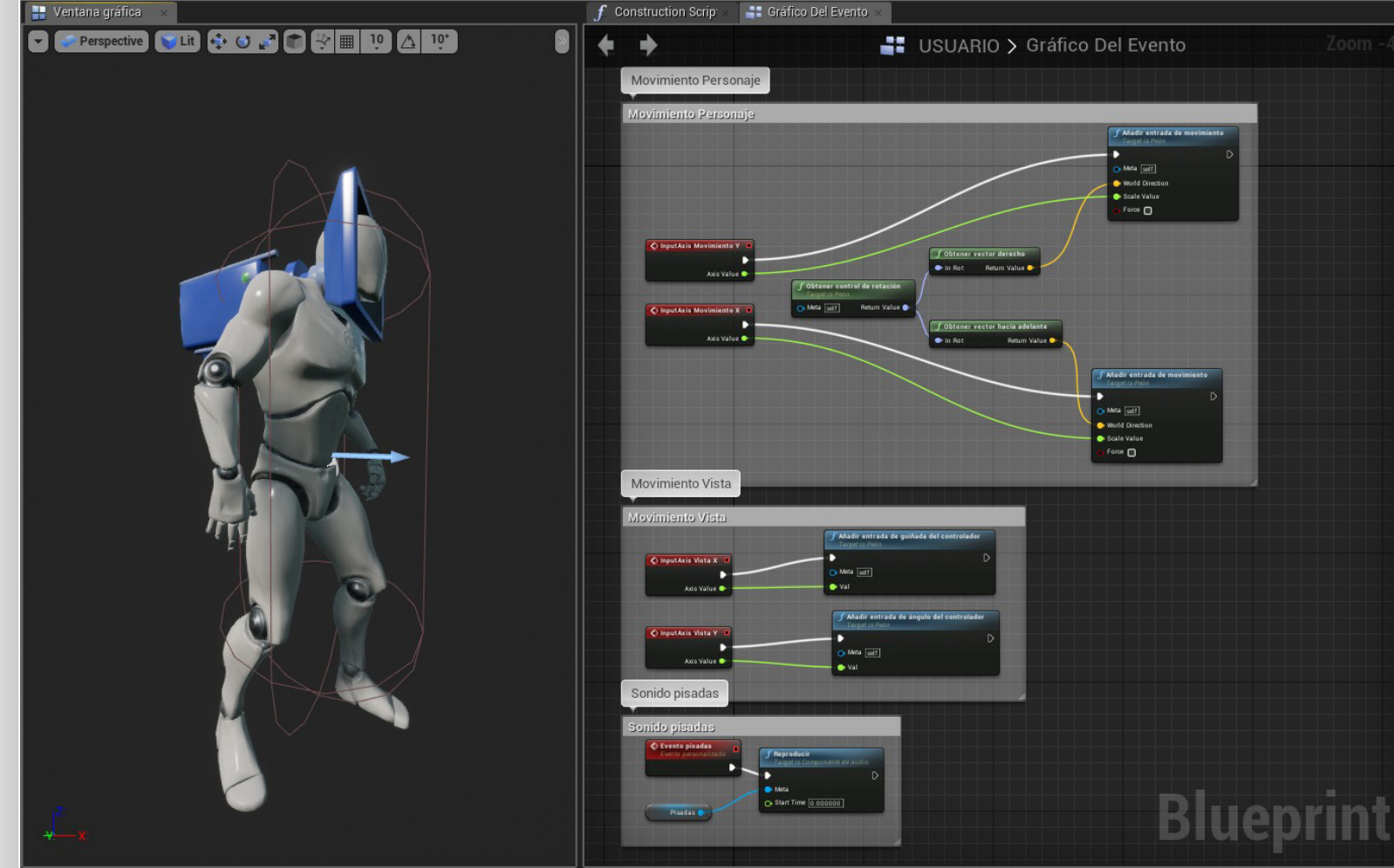
El siguiente paso es la inserción de un volumen de postprocesado que permite controlar la tonalidad e intensidad de los colores, el viñeteo, el desenfoque de campo y demás parámetros que nos dan mayor sensación de realismo sobre la escena visualizada.

Para observar si los pasos anteriores son los óptimos, se pueden crear simulaciones de la escena de menor resolución, utilizadas como vista previa del resultado final.

A continuación se diseñan a máxima calidad los elementos creados, iluminaciones directas e indirectas, reflejos, postprocesado, etc., dando lugar a un ambiente final realista del modelado.

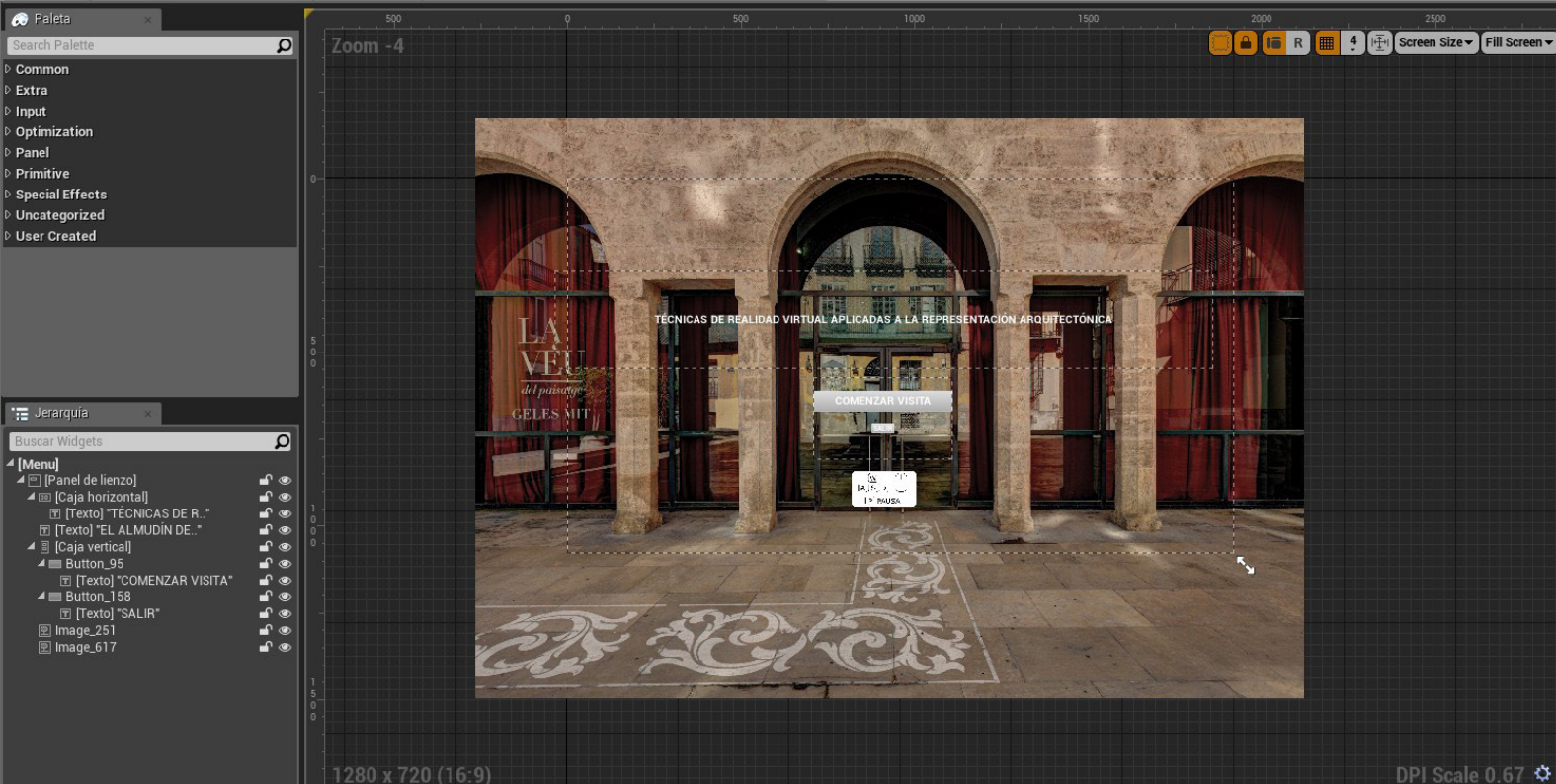
Con el fin de obtener un mayor grado de realismo, se crea un personaje que, mediante la introducción de comandos en su ventana de edición, nos proporciona la sensación de caminar, correr o incluso saltar y agacharse. Además, se fija una cámara a la cabeza del personaje, simulando el movimiento real de la vista humana. Seguidamente se le asigna el Player Start como coordenadas de inicio.

Por medio de la acción anterior se adquiere un movimiento real, no obstante se introduce el sonido de ambiente y de los pasos del personaje que producen un aumento de la sensación inmersiva. Para el sonido de ambiente basta con crear una entrada de sonido de una pista de audio importada, generar una reproducción en bucle y situarla en el espacio de trabajo. Sin embargo, la creación de los pasos es más compleja. Se crea una entrada de sonido que se asigna a un evento. En la animación del personaje, se pone un aviso que reproduce el evento cada vez que da un paso. Con el propósito de evitar un sonido repetitivo, en la entrada de sonido, se pueden introducir diversas pistas de audio y ordenar su reproducción aleatoria. Hay que tener en cuenta que las pistas de audio deben estar importadas en formato .wav.



El proceso anterior a la exportación del mundo virtual consiste en la creación de un menú a partir del cual comenzar nuestra visita. Se genera un nuevo nivel y se introduce un Player Start con la vista fija, permitiendo sólo el movimiento del puntero por el menú. En el caso abordado, se ha creado el nivel en el exterior del Almudín. El menú contiene información sobre los comandos de movimiento y un botón que al pulsarlo conduce al interior, dando comienzo al juego.

Figura_5.10. Creación de personaje con movimiento en el plano horizontal, rotación completa de la vista y el sonido de las pisadas.



Figura_5.11. Creación del menú de inicio.

Finalmente se genera un archivo ejecutable que permite acceder a la visualización del espacio procesado en diversos dispositivos electrónicos sin necesidad de tener instalado el Unreal Engine 4.

En el caso descrito, se ha procesado un video que permite observar el interior del espacio elaborado, así como una visualización del modo juego ejecutado en un PC. Consecuentemente se ha generado un código QR con el fin de distribuir eficazmente la información.

A continuación se muestran una serie de capturas de pantalla del juego exportado.

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=td-AoffQMb4&t=>







6. CONCLUSIONES

6. Conclusiones

El estudio de la evolución de la utilización de software y hardware en el ámbito de la arquitectura, permite evaluar su proceso evolutivo. La aparición de los programas tipo CAD supuso el comienzo de la informática gráfica y, consecuentemente, la reducción del tiempo dedicado al proceso gráfico manual. Así mismo, la creación de programas dedicados al cálculo estructural, térmico, de fluidos, etc., proporcionan el aumento de la eficiencia en el campo de la arquitectura. No obstante, el entorno BIM está adquiriendo importancia, esto es debido a que integra diversas acciones en un solo programa. Este hecho produce la obsolescencia de cierto tipo de software y, por consiguiente, la necesidad constante de renovación de las capacidades informáticas de los arquitectos.

La realidad virtual nos ofrece la posibilidad de inmersión total en el proyecto mediante prácticas tan comunes en el mundo de la arquitectura, como la fotografía o el modelado en tres dimensiones, lo que supone un gran avance respecto a los métodos comúnmente utilizados en la representación arquitectónica, como la obtención de imágenes estáticas o los fotomontajes obtenidos con programas de postproducción.

En este trabajo se han expuesto dos métodos de realidad virtual, el panorama fotográfico esférico en 360° y la creación de un entorno virtual a través de un motor de videojuegos, con el fin de realizar su comparación. Aunque cuentan con algunas semejanzas, las disimilitudes tanto en el proceso elaborativo como en el resultado final son bastante notables.

Ambos métodos expuestos permiten realizar la puesta en valor del patrimonio histórico, mediante la información visual proporcionada y la difusión a través de Internet se crea un escenario virtual que permite la divulgación y el conocimiento del bien inmueble. La creación masiva de este tipo de recorridos virtuales en edificios históricos permitiría la formación de una biblioteca de patrimonio histórico que sería de gran interés para la valorización del patrimonio arquitectónico.

En nuestro caso, al tratarse de un monumento donde se han tenido que realizar fotoplanos, con los que obtener las secciones interiores, y de esta manera delinear los planos, que posteriormente se han utilizado para la modelización tridimensional, se ha requerido mayor laboriosidad en el método en el que se ha utilizado Unreal Engine 4. No obstante, gracias a la realización de las fotografías panorámicas en 360°, se han elaborado con mayor rapidez. Consecuentemente, si se dispone de un edificio sencillo de modelar y se cuenta con la planimetría necesaria, el procedimiento de Realidad Virtual a través de un motor de videojuegos puede dar un resultado óptimo.

La visualización del espacio se concibe de manera diferente en ambos métodos. Los panoramas fotográficos en 360° permiten obtener una visión real, de gran calidad, desde un punto fijo. La inclusión de referencias mediante hotspots y vínculos entre panoramas, hacen posible la creación de una visita virtual informativa. La representación virtual mediante Unreal Engine supone una visita continua sin restricciones de movimiento, al contrario que en el caso anterior en el que se debe saltar de panorama en panorama ofreciendo así una visión discontinua dl edificio. Esto produce una mejor comprensión del espacio ya que el visitante puede recorrer en tiempo real todo el monumento, de

igual manera a la de un videojuego. No obstante, hay que tener en cuenta que el mapeado material y lumínico de los objetos es una tarea compleja, por ello lograr una imagen tan real como la obtenida con la fotografía panorámica resulta bastante difícil y laborioso.

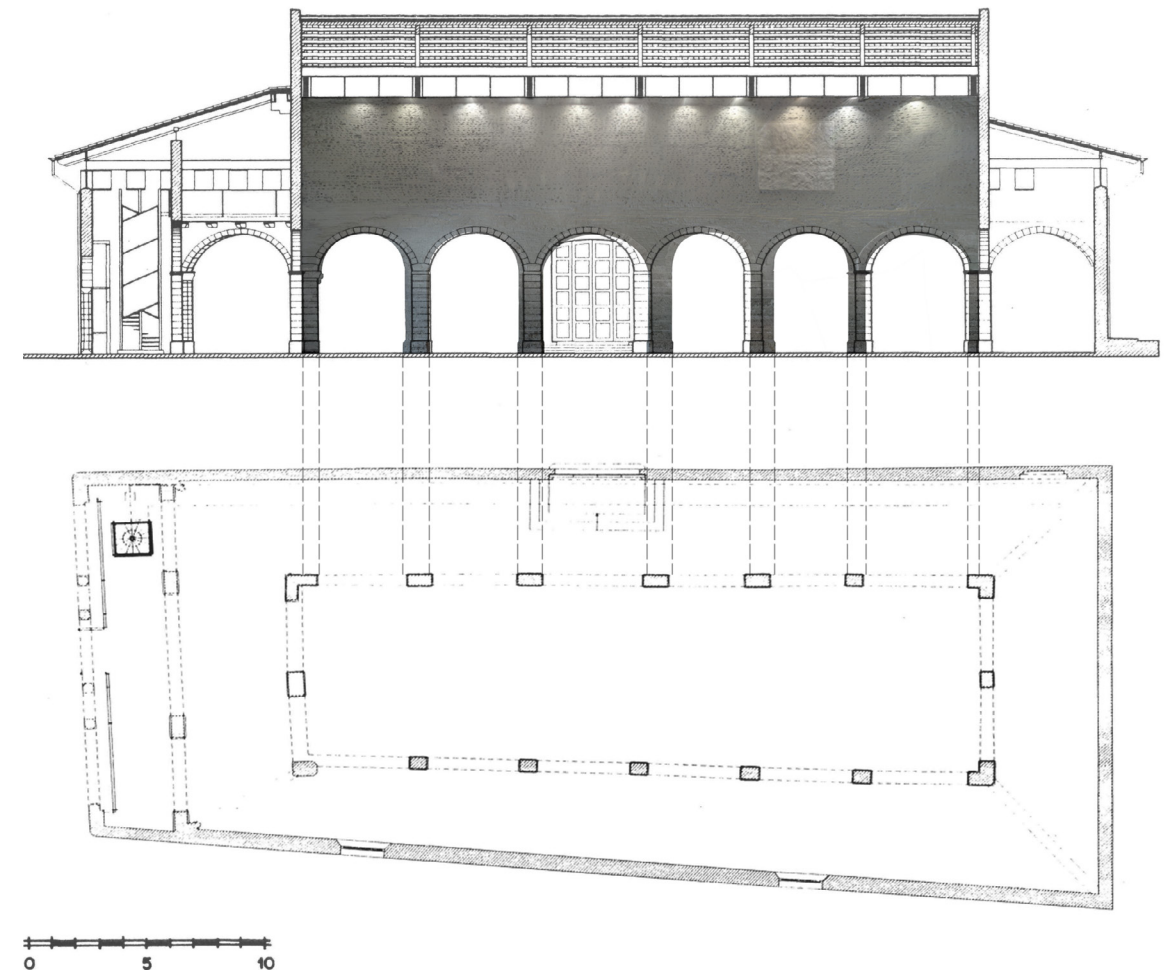
Respecto al proceso de elaboración, Unreal Engine proporciona la ventaja de obtener información gráfica en tiempo real de los cambios realizados, mientras que en el software utilizado para los panoramas fotográficos esféricos en 360°, es necesario procesar la información previamente.

En la elaboración de fotoplanos de las secciones interiores para la realización y materialización del modelado tridimensional, se observa una discordancia entre la realidad y los planos publicados. No obstante, esto ocurre únicamente en la sección longitudinal que mira hacia la galería sur. Se puede observar mediante la superposición de imágenes (cfr. Anejo 6-1). Sin embargo hay que recalcar que las demás vistas y secciones si concuerdan con la realidad, disponiendo de un alto grado de detalle en las mismas.

En cuanto a las plataformas en las que se puede visualizar cada uno de los resultados obtenidos, existe una clara ventaja de las imágenes panorámicas en 360° respecto al motor de videojuegos que, gracias al reducido tamaño del archivo final y su visualización a través de internet, es posible obtener una representación virtual en mayor cantidad de dispositivos electrónicos. Por otra parte, el archivo resultante de Unreal Engine se ha de configurar y exportar para cada una de las plataformas de salida, hecho que añade dificultad a la obtención del resultado final.

Anejo 6-1

En la imagen inferior se observa la discordancia entre la planta real del Almudín de Valencia y la sección longitudinal publicada. Vemos en la superposición que el fotoplano obtenido, aunque no coincide exactamente con la realidad, es una manera rápida y casi exacta de realizar un alzado o sección.



Referencias bibliográficas

- Abásolo, M. J., Mitaritonna, A., Giacomantone, J., & Giusti, A. De., 2013. *Visión por Computador e Informática Gráfica*. Realidad Virtual, Realidad Aumentada e Interfaces avanzadas. pp. 274–279.
- Andreoli, R., 2005. *Interactive 3D Environments by Using Videogame Engines*. Ninth International Conference on Information Visualization (IV'05) [1550-6037] pp. 515 -520
- Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. *El Almudín de Valencia*. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.
- Bürger, N., 2013. *Realtime Interactive Architectural Visualization using Unreal Engine 3.5*. Munich: Ludwig-Maximilians-Universität, Department Institut für Informatik.
- Chover, M. (n.d.). *Ingeniería Técnica en Diseño Industrial*. Castellón de la Plana.
- Higuera-Trujillo, J. L., López-Tarruella Maldonado, J., & Llinares Millán, C., 2017. *Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality*. *Applied Ergonomics*, 65. pp. 398–409.
- Lubell, S., 2016. *The virtual world becomes reality: architecture and design firms are using virtual reality to both communicate and develop designs*. *Contract* [1530-6224]. pp. 68-71
- Marco, J. B., & Herranz, G. S., 2012. *Realidad Virtual aplicada a la Arquitectura*.
- Martínez Sánchez, R., 1998. *El Almudín de Valencia. Una restauración para la ciudad*.
- Moloney, J., 2004. *Visualization and 'auralization' of architectural design in a game engine based collaborative virtual environment*. *Proceedings*. Eighth International Conference on Information Visualisation, 2004. IV 2004. [1093-9547] pp. 827 -832

- Moloney, J., 2015. *Videogame Technology Re-Purposed: Towards Interdisciplinary Design Environments for Engineering and Architecture*. *Procedia Technology* [2212-0173], vol.:20 pp. 212-218
- More, G., 2007. *Observing the learning curve of videogames in architectural design*. IE '07: Proceedings of the 4th Australasian conference on Interactive entertainment. pp. 1-6
- Morrison, M., 1994. *History of Computer Graphics. Becoming a Computer Animator*.
- Pérez, D.C., 2009. *Desarrollo de sistemas de Realidad Virtual y Aumentada para la visualización de entornos acrofóbicos. Estudios comparativos entre ellos*. Trabajo final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ramos, R. (n.d.). *Informática Gráfica: perspectiva general*.
- See, Z. S., & Check, A. D., 2015. *Virtual reality 360 interactive panorama reproduction obstacles and issues*. *Virtual Reality*, 19(2). pp. 71–81.
- Shah, R., 2014. *Master the Art of Unreal Engine 4 –Blueprint*. Kitatus Studios
- Shutherland, I., 1963. *Computer Reads Design Sketches*.
- Shutherland, I., 1965. *The Utimate Display*.
- Shutherland, I., 1968 . *A head-mounted three dimensional display*.
- Shutherland, I., 2003. *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. University of Cambridge. Computer Laboratory.
- Visualization, C., 2000. *Short History of Computer Graphics Computer-Aided Design*.

Referencias de enlaces web

- A Critical History of Computer Graphics and Animation. <https://excelsior.asc.ohio-state.edu/~carlson/history/lesson3.html> [Agosto, 2017]
- Anguano, M. A. T. Graficación por computadora. <https://www.timetoast.com/timelines/graficacion-por-computadora> [Agosto, 2017]
- Ramos, R. (n.d.). Informática Gráfica: perspectiva general. <http://di002.edv.uniovi.es/~rr/Tema1.pdf> [Agosto, 2017]
- Whirlwind computer of Jay Forrester. <http://history-computer.com/ModernComputer/Electronic/Whirlwind.html> [Agosto, 2017]
- Gifreu, A. (2014). Webdocs. Historias del siglo XXI. <http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectará-a-los-webdocs-parte-3.html> [Agosto, 2017]
- Autodesk. <http://www.autodesk.es/> [Julio, 2017]
- Unreal Engine. <https://www.unrealengine.com/> [Julio, 2017]

Referencias a imágenes

- Figura_2.1. Monitor del primer ordenador, el Whirlwind. <https://lib.rus.ec/b/385216/read>
- Figura_2.2. Forrester y Norman Taylor inspeccionando el circuito completo (1952). <http://icp.ge.ch/sem/cms-spip/spip.php?article266>
- Figura_2.3. Primer dibujo con el DAC-1. <https://www.timetoast.com/timelines/graficacion-por-computadora>
- Figura_2.4. Ivan Sutherland. <http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%C3%A1-a-los-webdocs-parte-3.html>
- Figura_2.5. Ivan Sutherland utilizando el Sketchpad. <https://excelsior.asc.ohio-state.edu/~carlson/history/lesson3.html>
- Figura_2.6. Electrocardiograma a tiempo real. <http://footage.framepool.com/es/shot/198931776-frecuencia-cardiaca-electrocardiograma-precision-display>
- Figura_2.7. Informática Gráfica en Star Wars (1977). <http://www.graphicsbuzz.com/graphics/star-wars-computer-graphics-65e64c.html>
- Figura_2.8. Captura de pantalla de AutoCAD. Elaboración propia.
- Figura_2.9. Captura de pantalla de modelado tridimensional en AutoCAD. Elaboración propia.

·Figura_2.10. Captura de pantalla de AutoCAD Architecture.

<https://www.cadpoint.co.uk/autocad-architecture/>

·Figura_2.11. Captura de pantalla de ABAQUS del análisis de una viga de hormigón armado.

<https://www.researchgate.net/topic/Plastic-Analysis>

·Figura_2.12. Captura de pantalla modelado tridimensional en BobCAD (CAM).

<http://bobcad.com/wp-content/uploads/2012/05/Adaptive-Roughing.jpg>

·Figura_2.13. Captura de Revit (BIM).

Elaboración propia.

·Figura_2.14. Captura de pantalla modelado tridimensional en Mudbox de Autodesk.

<https://www.autodesk.com/products/mudbox/overview>

·Figura_2.15. Captura de pantalla modelado tridimensional en Rhinoceros.

Elaboración propia.

·Figura_2.16. Captura de pantalla modelado tridimensional en 3ds Max.

Elaboración propia.

·Figura_2.17. Imagen renderizada con V-ray de Chaos Group.

<https://www.foro3d.com/f20/bajar-tiempos-de-render-en-vray-2640-3.html>

·Figura_2.18. Imagen renderizada con V-ray de Chaos Group utilizado en Sketchup.

Elaboración propia.

·Figura_2.19. Postproducción fotográfica con Photoshop.

Elaboración propia.

·Figura_2.20. Captura de pantalla de Gimp.

<https://ubuntualways.files.wordpress.com/2012/05/captura-de-pantalla-de-2012-05-03-192244.png>

Figura_3.1. Hombre utilizando un HDM.

<http://virtualrealitytimes.com/wp-content/uploads/2017/04/3044381-ocie.jpg>

Figura_3.2. Hombre utilizando unas gafas de realidad virtual.

https://regmedia.co.uk/2017/04/24/shutterstock_virtual_reality.jpg?x=1200&y=794

Figura_3.3. Entrenamiento quirúrgico mediante un paciente virtual.

http://www.rosario3.com/__export/1467328546869/sites/rosario3/img/2016/06/30/realidadvirtual.jpg_1572130063.jpg

Figura_3.4. Fotografía estereoscópica.

<http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%3%A1-a-los-webdocs-parte-5.html>

Figura_3.5. Estereoscopio diseñado por Oliver Wendel Holmes.

<http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%3%A1-a-los-webdocs-parte-5.html>

Figura_3.6. Morton Heilig probando Sensorama (1958).

<http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%3%A1-a-los-webdocs-parte-4.html>

Figura_3.7. Ivan Sutherland probando la "Espada de Damocles" (1968).

<https://etsanggarp.blogspot.com.es/2016/03/>

Figura_3.8. Virtual Boy de Nintendo.

<https://www.techspot.com/article/1085-nintendo-virtual-boy/>

Figura_3.9. HTC Vive, Oculus Rift y Playstation VR.

Elaboración propia.

Figura_4.1. Aspecto de la ciudad de Valencia, según un plano del S.XVI.

<https://blogs.ua.es/historiavalencia16/files/2014/01/nuevo-3.jpg>

Figura_4.2. Aspecto del Almudín en 1917.

<http://www.jdiezarnal.com/valenciaelalmudin.html>

Figura_4.3. Fotografía de la nave central del Almudín en 1908.

Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. El Almudín de Valencia. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.

Figura_4.4. El Almudín como Museo Paleontológico de la ciudad de Valencia.

Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. El Almudín de Valencia. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.

Figura_4.5. Planta y alzado a la calle Almudín según un dibujo de finales del s.XVIII.

Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. El Almudín de Valencia. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.

Figura_4.6. Detalle de los arcos situados en la zona de encuentro de la nave central con las galerías sur y oeste del interior del Almudín tras la restauración.

Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. El Almudín de Valencia. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.

Figura_4.7. Esquema en planta de la evolución constructiva del Almudín de Valencia.

Añón, J., Herrera, J. M., Martínez, R., Aguilar, I., Camps, C., & Sabaté, M., 1996. *El Almudín de Valencia*. Valencia: FCC Medio Ambiente S.A.

- A partir de la Figura_5.1. son todas de elaboración propia -