



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia



ESCULTURA ANIMADA

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor: **Daniel Lorenzo Alvarez**

Director: **Antoni Bover Tanyà**

Grado en Multimedia
Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia
Terrassa, Junio 2016

RESUMEN

El presente proyecto aborda la reproducción de una escultura real mediante técnicas de modelado 3D con el objetivo de realizar una animación de la misma. Se comprende una metodología que sirve como alternativa a otros sistemas de réplica virtual como el escáner 3D o la fotogrametría, manteniendo un enfoque hacia el proceso de animación.

PALABRAS CLAVE

3D, escultura, modelado, animación, cinema 4D, mapping, marededéu, rodona de vic

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda y el tiempo dedicado del equipo de restauradores del Museu Episcopal de Vic. Gracias a su colaboración y las condiciones que facilitaron para la obtención de fotografías, así como también la información sobre la escultura y sus características, y las posibilidades de su estado original.

Agradecimientos por su tiempo e interés a Mauro Mas, arquitecto de “L’equip de recerca de l’Espai Didàctic de La Farinera_CAVV”, a Miquel Bigas profesor de la universidad y Antoni Bover, profesor y director de este proyecto, por su ayuda en la realización de este trabajo y por facilitar un modelo base de la iglesia, que ya incluía mediciones y dimensiones acordes, así como información relevante para su posterior modelado.

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- OBJETIVOS	6
3.- MOTIVACIÓN	7
4.- ESTADO DEL ARTE	8
4.1 Modelado por vistas	9
4.2 Camera mapping.....	11
4.3 Escáner 3D	13
4.4 Fotogrametría	16
5.- METODOLOGÍA	20
5.1 Herramientas de gestión	21
5.2 Fases del proyecto	22
6.- PREPRODUCCIÓN.....	23
6.1 Planificación	24
6.2 Referentes	26
6.3 Storyline	28
6.4 Storyboard.....	29
6.5 Fotografías.....	31
7.- PRODUCCIÓN.....	39
7.1 Corrección y montaje de vistas	40
7.2 Montaje de vistas	41
7.3 Modelado.....	42
7.4 Texturizado.....	52
8.- ANIMACIÓN.....	58
8.1 Iluminación	59
8.2 Preparación de escenas y cámaras	61
8.3 Render	62
9.- POSTPRODUCCIÓN.....	64
9.1 Montaje y composición	65
9.2 Audio.....	67
10.- PLANIFICACIÓN DE RECURSOS Y PRESUPUESTO	68
10.1 Gasto mensual	68
10.2 Costes de producción de este proyecto	69
11.- PLAN DE ACCIÓN DE MARKETING.....	71
11.1 Estrategia y objetivos	71
11.2 Plan de acción	71
12.- CONCLUSIONES.....	73
13.- ÍNDICE DE FIGURAS.....	74
14.- BIBLIOGRAFÍA.....	76

1.- INTRODUCCIÓN

Desde que el modelado mediante sistemas 3D se popularizase, en gran parte, gracias a la industria cinematográfica y la del videojuego, no han parado de surgir usos y oportunidades para su empleo. Actualmente existe una amplia gama de soluciones, a diversos niveles, que las herramientas 3D son capaces de cubrir. Desde los ya citados hasta aplicaciones en medicina, arquitectura o ingeniería y ciencia. El software y estos sistemas resultan una tecnología que acelera y evoluciona nuestro entorno eliminando las fronteras entre lo digital y lo físico.

Una de las aplicaciones que ha ido cobrando mayor importancia se localiza en el mundo de las artes. Aunque los facsímiles de monumentos, esculturas y relieves -entre otros- ya se desarrollaban desde hace tiempo, no ha sido hasta la llegada de los medios 3D que este proceso evolucionó. No sólo presenta menores tiempos de desarrollo, sino que es posible alcanzar niveles extraordinarios de detalle y fidelidad. Además, este tipo de soluciones ha logrado impulsar este campo, y abrirlo a una mayor comunidad. Gracias al perfeccionamiento de la técnica y la tecnología se logra que el arte sea más accesible al público y continúe cautivando nuestra atención.

En este proyecto se persigue la reproducción de una pieza escultórica empleando las soluciones que provee este tipo de software. Se opta por un procedimiento mediante modelado 3D, a pesar de entender que existen actualmente mecanismos como el escáner tridimensional que llegan a obtener réplicas de excelente precisión. No obstante, y siendo éste un trabajo académico, no es la única meta que se propone aquí. Se pretende realizar también, una animación, y llegar a demostrar que se trata de un método igual de factible para ciertas elaboraciones. Además, este proyecto servirá para profundizar y comprender procedimientos avanzados de diferentes ámbitos en la producción 3D.

Este documento de memoria recoge las diversas fases de investigación y producción, así como también temas de planificación de recursos y visibilidad. Todo con el propósito de comprender un trabajo más completo y profesional. A continuación de esta introducción se presenta un desglose más específico de los objetivos del proyecto y un apartado de motivación personal para su elaboración. Entonces se presenta el estado del arte donde se estudia el ámbito en el que se establecen estas tecnologías y dónde se presenta una comparación con los métodos que se realizan aquí. Luego se muestra en más detalle la metodología a seguir teniendo en cuenta la estructura de producción,

donde, entre otros, se comenta la planificación y los medios de organización. Seguidamente se da paso a la fase de desarrollo siguiendo el esquema de preproducción-producción-postproducción, que constituye el cuerpo de este trabajo. Aquí se detallan los diferentes pasos y procedimientos para la obtención del modelo y la animación que se persiguen. Por último, se incluyen los apartados de presupuesto, marketing y elevator pitch y las conclusiones finales. Se adjuntan finalmente unos anexos para ayudar a la comprensión del trabajo y completarlo.

Para acabar esta sección cabe hacer una mención sobre la pieza a reproducir: “*Marededéu de la Rodona de Vic*”, la cual se encuentra en el Museu Episcopal de Vic. Se trata del segundo museo del mundo en cuanto a arte románico se comprende, y con el que se coordina para realizar este proyecto.

Se data la creación de esta escultura desde la última consagración de la iglesia de la *Rodona de Vic* (de la cual procede), hacia el año 1180. Cuando se representaban las *marededéus* románicas más antiguas, siguiendo el modelo iconográfico de origen bizantino, conocidas como “*Tronos de sabidurías*”.



Figura 1-1. Escultura a animar: Marededéu de la Rodona de Vic.

2.- OBJETIVOS

Este proyecto tiene como finalidad la creación de una animación en la que se presenta una escultura totalmente modelada en 3D y animada, ya sea con propósito promocional o para describir las capacidades de los programas que se emplearán y del autor. Los objetivos del proyecto se resumen en:

- Realizar el modelado en 3d de la escultura y crear una animación.
- Entender las tecnologías y sistemas que se emplean actualmente para llevar a cabo proyectos similares, y realizar una comparación con lo propuesto en éste.
- Ser capaz de proveer una solución fiable y eficaz de este tipo de trabajo (réplica de un objeto) con métodos alternativos a las tecnologías con las que éste se compara.
- Comprender y desarrollar los procesos de gestión y planificación necesarios para un proyecto multidisciplinar y de mayor magnitud como lo es el de final de grado.
- Profundizar en los aspectos que intervienen en el desarrollo de una animación 3D, que implica procesos de iluminación, texturizado y modelado avanzados, así como el uso de técnicas específicas como *camera mapping* y la toma de fotografías de referencia, entre otros.
- Desarrollar y abordar temas de marketing y visibilidad del proyecto, así como de planificación de recursos y presupuesto.

3.- MOTIVACIÓN

Con este trabajo se persigue la creación de una réplica lo más fiel posible de una estatua real empleando sólo software de modelado 3D. A pesar de que un mejor resultado se logra con escáneres 3D, los costes del empleo de este equipamiento aumentan considerablemente; además, el modelar una pieza permite un mayor nivel de control y mejor o más simple flujo de trabajo a la hora de añadir modificaciones al modelo, crear animaciones, confeccionar un vídeo.

Dado que poseo algo de experiencia con la digitalización por escáner 3D y conozco el proceso y la metodología que implica; abordar un proyecto similar desde este ángulo me permite comprender una nueva aproximación. Realizar este trabajo también me ayudará mejorar mis habilidades con los programas implicados y comprender mejor los procedimientos en la creación de un audiovisual.

También cabe añadir que supone una motivación el reto que implica la recreación de esta escultura en particular, y la dificultad que ésta conlleva dado su estado de conservación y sus características.

4.- ESTADO DEL ARTE

4.1 Modelado por vistas

Se trata de una técnica muy popular y usada en infinidad de proyectos, que consiste en obtener el modelo 3D de un objeto a partir de sus vistas. El proceso pasa por la obtención de dichas vistas, las cuales debieran ser tomadas a una misma distancia y ser lo más ortogonales posibles para así trabajar en un visor con proyección paralela. Las vistas se disponen siguiendo el esquema de un cubo, representando los diferentes planos de la figura en cada cara de la figura en cada cara.

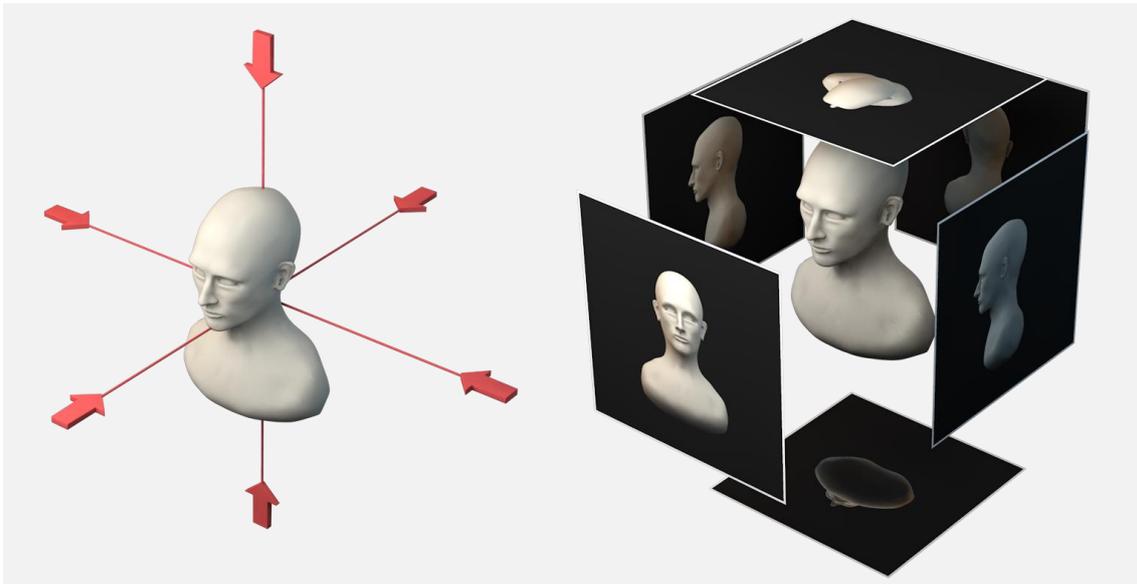


Figura 4-1. Ejemplo de las vistas ortogonales a emplear de un objeto.

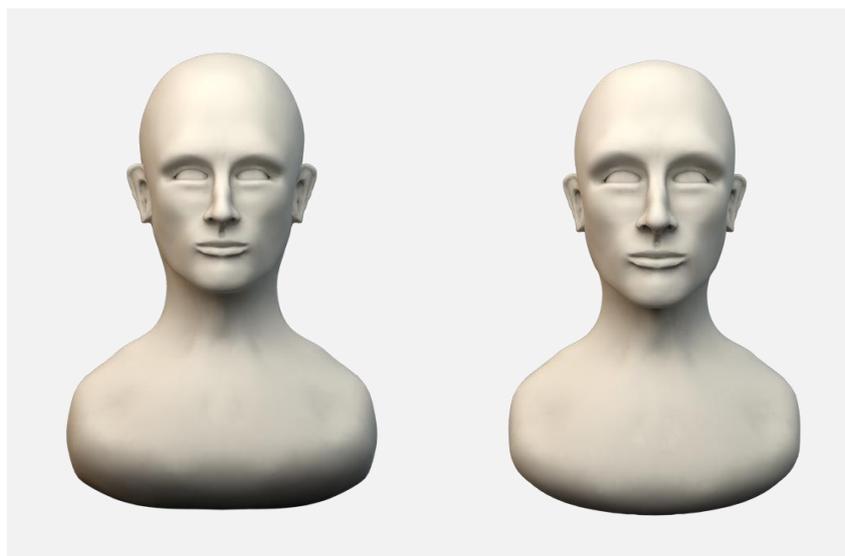


Figura 4-2. Comparación entre vista paralela (12° de FoV, izq.) y perspectiva (63° de FoV, der.).

Cómo se comenta anteriormente el campo visual y la perspectiva de las vistas importa. La distancia focal determina la imagen que se encuadra, y una óptica con alta distancia focal implica un pequeño ángulo de visión, lo que permite trabajar desde lejos y evitar distorsiones en la imagen. El propósito de este método es obtener imágenes que representen lo más exactamente posible los objetos, incluyendo sus dimensiones y magnitudes; al igual que lo haría un plano arquitectónico, representando proyecciones paralelas de los elementos buscando definir correctamente las medidas.

Una vez compuesta esta estructura de vistas se pasa al modelado a través de las diversas técnicas de las que dispone un programa 3D; siendo de las más comunes el *box modeling*, el *edge modeling* y el modelado a través de *splines*, siguiendo los contornos definidos por las vistas.

El modelado a través de vistas suele ser habitual a la hora de generar modelos 3D partiendo de elementos reales. Aunque el nivel de precisión puede variar (p. ej. no respetando la proyección ortogonal ni distancias, no usando el mismo número de vistas, etc.), la finalidad siempre se mantiene: calcar un objeto según sus vistas.

Proyectos similares al propuesto aquí y empleando ésta técnica, son escasos. Para los objetos tipo esculturas que se pretenden replicar, se suele optar por escáneres 3D o composición por fotografías, dada su buena relación fidelidad/tiempo. No obstante, actualmente, éste sigue suponiendo un método válido y eficiente para este y otros tipos de trabajos donde se pretende crear un modelo que respete el objeto original.



Figura 4-3. Ejemplo del empleo de planos de referencia para el modelado 3D.

4.2 Camera mapping

Esta técnica supone la proyección de fotografías sobre entornos 3D, con la idea de construir texturas sobre los modelos o transformar imágenes en objetos tridimensionales. Se trata de un método ampliamente usado en una gran variedad de proyectos y largometrajes, ya que facilita la logística en la toma de según qué secuencias donde el equipamiento o la accesibilidad pueden suponer grandes inversiones económicas y de tiempo. Resulta una herramienta muy útil para la construcción de entornos y modelos realistas con relativa facilidad y pocos costes.



Figura 4-4. Ejemplo de proyección 3D para la creación de entornos realistas.

Este sistema se basa en la proyección paralela de las imágenes sobre el modelo, adecuando su posición y definición con las herramientas que provee el software 3D. Es importante, en este caso, el proceso de la toma de fotografías ya que se debe tener en cuenta su finalidad. Por ello, informaciones como la distancia focal de la cámara usada, exposición y otros, se deben guardar para la posterior proyección de forma efectiva.

Este sistema se suele emplear en proyectos como el propuesto en este trabajo, obras de carácter histórico-cultural. Gracias al cual se conforman modelos con texturas extraídas de fotografías de los objetos reales. Suele ser efectivo en determinadas situaciones y según el grado de detalle y fidelidad que se persigue. Sin embargo, no está exento de problemas, al proyectar las imágenes desde el punto de vista desde donde se tomaron, sólo permite pequeños movimientos si se persigue una animación, ya que en caso contrario se podría observar el estiramiento que se produce en las imágenes para cubrir la tercera dimensión. No ocurre, en cambio, si se proyectan diferentes imágenes

del objeto desde diferentes ángulos (en el software 3D, diferentes cámaras), consiguiendo una especie de fotogrametría básica para cubrir las diferentes vistas del modelo.

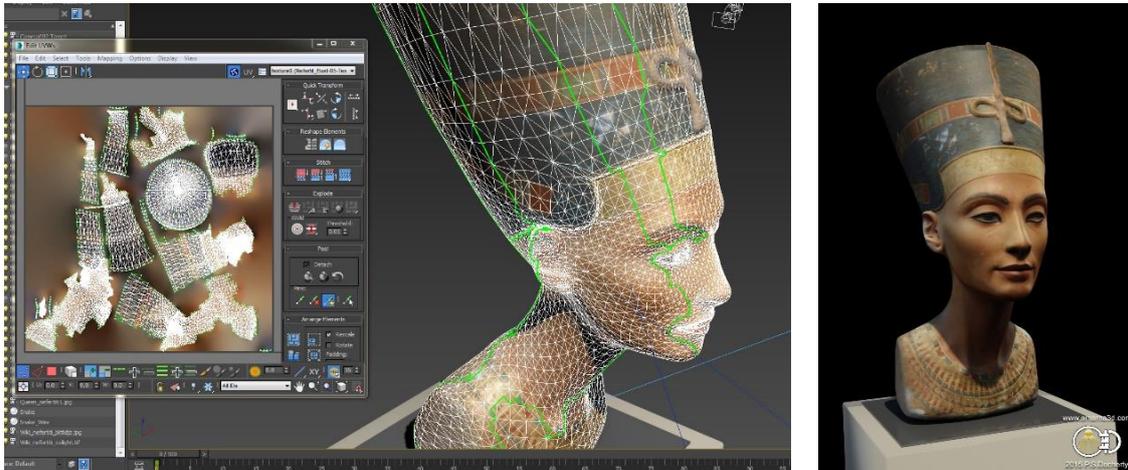


Figura 4-5. Camera mapping en la creación de texturas para un modelo 3D.

En el siguiente referente se muestra un vídeo que logra emplear de forma muy efectiva la técnica del *camera mapping* para mostrar entornos realistas con modelos digitales a partir de fotografías. Logra resumir uno de los mejores resultados que se puede obtener con el uso de esta técnica y las características del vídeo en sí (movimientos de cámara, profundidad de campo, consistencia visual) los resaltan.



Vídeo. Werbeagentur POSTYOU. "DESERTED".

[Online] [Accedido: 12-Ene-2015] Disponible:

<https://vimeo.com/106169935>

Cabe añadir también el siguiente referente, relacionado con este proyecto ya que aborda la época del románico y emplea técnicas de *mapping* para reconstruir unas pinturas, inexistentes actualmente. En este caso, ya no sólo se limita a la creación de un audiovisual sino que el resultado se proyecta sobre la estructura real.



Vídeo. Pantocrator. "Mapping Sant Climent de Taüll".

[Online] [Accedido: 12-Ene-2015] Disponible:

<https://vimeo.com/87114296>

4.3 Escáner 3D

Con el mismo objetivo que un escáner convencional captura elementos bidimensionales, el escáner 3D analiza y reproduce objetos tridimensionales. Se suelen emplear varias técnicas para conseguirlo siendo los más populares los métodos “sin contacto”, como el empleado en los sistemas de “Time of Flight” (empleado usualmente en objetos de gran escala) o “Luz estructurada” (para digitalizaciones de mayor detalle) entre otros. Esta tecnología se encuentra en continua evolución, mejorando su fidelidad y los tiempos y procedimientos de captura, así como reduciendo los costes.

“La medición tridimensional es una estrategia cada vez más significativa que permite a las organizaciones de producción acelerar los lanzamientos de productos, alcanzar una calidad de producto más elevada, reducir los costes de producción y aportar importantes mejoras para cada producto.” (Hexagon Metrology)

La información obtenida de los escáneres se suele contener en “nubes de puntos”, que, como indica su nombre, guardan información de los puntos del objeto en el espacio. Estos datos pueden ser leídos en programas específicos que logran traducirlos a mallas y objetos poligonales para posteriores tratamientos o correcciones, o envío a otros procesos como la impresión 3D. Entre otros, los programas de “PolyWorks” (desarrollados por “Innovmetric”) son los que se suelen asociar con más frecuencia a este sistema en el ámbito profesional. La siguiente imagen describe a grandes rasgos el proceso de escaneo.

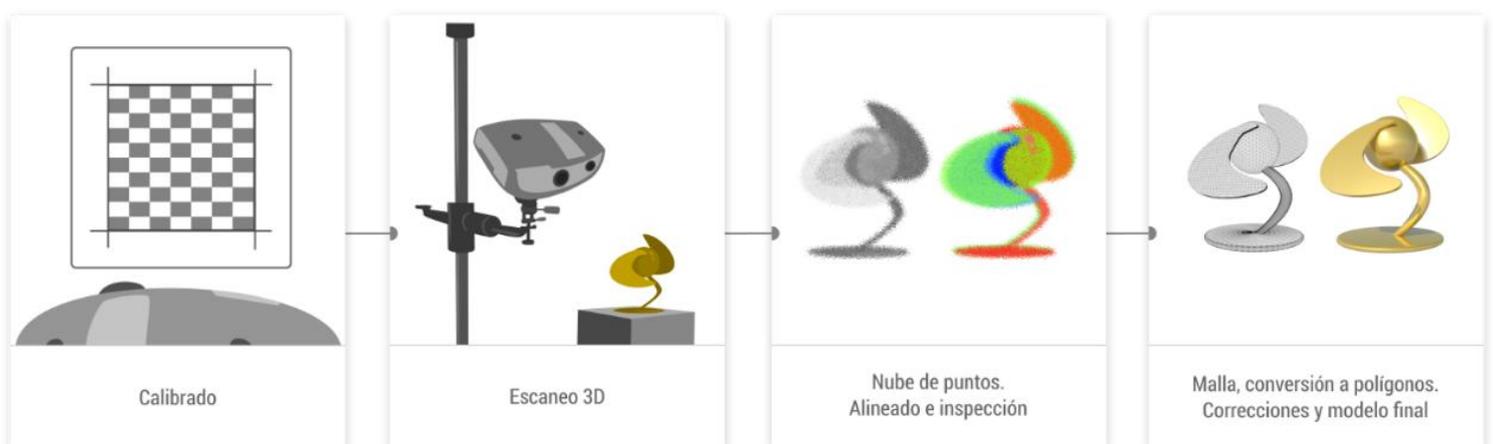


Figura 4-6. Flujo de trabajo en el escaneo 3D.

El escáner 3D resulta de gran utilidad para el testeo de piezas y mecanismos en fase de prototipo o antes de ser ensamblados o como inspección de calidad, dado su alto nivel de fidelidad. Se pueden concretar las características de este sistema en:

- **Gran precisión** de captura (micrométrica inclusive). Puede llegar a obtener modelos tan fieles que se pueden emplear como réplicas de originales.
- **Mayor rapidez** en la obtención del modelo 3D. A pesar de necesarias calibraciones y sucesivas tomas en la pieza, la captura del objeto supone menos tiempo que el modelado desde cero.
- Según la tecnología empleada puede suponer un reto capturar **áreas obstaculizadas** (p. ej. en esculturas, donde algunas poses pueden obstruir información).
- Permite aplicaciones de **ingeniería inversa**. Gracias a su fidelidad, se pueden determinar los materiales y la fabricación de los objetos.
- Sistema **costoso** para el usuario no profesional

Los siguientes son ejemplos del empleo de digitalización por escáner 3D de elementos arquitectónicos y esculturas:

4.3.1 Recuperación arquitectónica



Vídeo. Factum-Arte, "Tudela, NavarraTV, Enfoque".

2013. [Online] [Accedido: 5-Feb-2016] Disponible:

<https://vimeo.com/59986230>

El vídeo recoge una noticia de *NavarraTV*, en el que comenta el deterioro que sufre la catedral de Tudela y el uso de escáneres 3D para la preservación y estudio de ciertas estructuras de valor cultural e histórico, dada su gran precisión.

4.3.2 Escaneado de una iglesia



Documento PDF. S. Campana, M. Sordini, A. Rizzi. "3D modeling of a romanesque church in tuscan: archaeological aims and geomatics techniques". isprs.org. [Online] [Accedido: 5-Feb-2016] Disponible: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/5-W1/pdf/campana_etal.pdf

El documento anterior describe los procedimientos que los autores emplearon para la realización de un modelo simulado de una iglesia románica. Describen el uso de varios métodos para solventar distintos escenarios pasando por fotogrametría, modelado y escaneado mediante láser por "Time of Flight" para una gran estructura.

¿Por qué se opta por el modelado sobre el escaneo 3D?

Con este proyecto no se pretende comparar o competir con el escaneo 3D en cuanto a fidelidad se supone, ello implicaría una mayor inversión de tiempo y el resultado posiblemente no estaría a la altura. Sin embargo, y como se comenta anteriormente, el método propuesto en este trabajo resulta de gran utilidad gracias al grado de control que provee si el objetivo va más allá de sólo crear una réplica; además de suponer un menor coste que el empleo de un escáner 3D. Cabe añadir además que el estado de la pieza conlleva un alto grado de precisión y presenta ciertas oclusiones, lo que supondría la inversión en escáneres más avanzados.

4.4 Fotogrametría

Esta técnica se basa en la reconstrucción de un objeto a partir de sus fotografías, y, aunque se trata del antecesor a los escáneres 3D activos, la fotogrametría sigue suponiendo una alternativa válida y eficiente en diversos casos.

El procedimiento para la digitalización mediante este método sirvió de base para el desarrollo de sistemas de escaneo 3D (sin contacto). Éstos fueron evolucionando desde los sensores pasivos, basados en un modelo geométrico para la obtención de fotografías desde distintos puntos de vista (base de la fotogrametría); hasta los actuales sensores activos, que prescinden de la luz reflejada en los objetos y, en cambio, proyectan patrones estructurados de luz que el sensor es capaz de concretar en información espacial.

Este sistema puede suponer una reducción de costes con respecto al uso de un escáner 3D, ya que sólo precisa de una cámara. Además, permite una alta movilidad, sobre todo cuando se captura en exteriores y lugares poco accesibles. No obstante, una buena calidad en la toma está sujeta a factores como: la iluminación, que debe rellenar todo el objeto para poder captar información válida; homogeneidad en las texturas, que pueden dificultar la reconstrucción debido a la falta de información espacial; y, al igual que en el escaneo 3D, las obstrucciones que la misma pieza pueda presentar y llegue a suponer un reto el captar según qué áreas sobre las cuales recaen sombras o resultan poco accesibles.

La base de funcionamiento de esta técnica se resume en la toma de fotografías desde los diferentes ángulos de una pieza (en casos donde el detalle se considere de alta importancia, se requiere una gran cantidad de fotos). La colección de imágenes, entonces, se importa en un software especializado donde se alinean y se compone el objeto 3D. Gracias a la fotogrametría, los elementos capturados mantienen sus propiedades de texturas y dimensiones. Sin embargo, para digitalizaciones complejas que requieran de precisión, es necesario un alto grado de procesamiento computacional, además de equipamiento fotográfico competente, capaz de obtener detalles y nitidez en los objetos.

“La parte que ha requerido más tiempo es el procesado de la información para alinear y extraer la información 3D desde muchas fotografías en alta resolución, una tarea que requiere potentes ordenadores y técnicos experimentados.” (Factum Arte)

Existen actualmente además, programas que emplean el principio de fotogrametría aunque presentando un enfoque menos profesional pero más accesible al público, tanto en cuestiones económicas como en línea de aprendizaje y recursos necesarios. Estos métodos también requieren una colección de capturas de una pieza según diversos ángulos, aunque proveen una mayor automatización del proceso y son capaces de componer modelos con pocas imágenes y sin excesiva calidad fotográfica. Es, por ello, inviable para proyectos profesionales donde sea necesario un mayor nivel de calidad, detalle y precisión.

Se pueden concretar las características de procesamiento de estos sistemas en:

- Composición en mapas de nube de puntos similares al usado en escáneres 3D.
- Malla controlable en el mismo software (en aquellos que así lo permiten).
- Mantiene las texturas y dimensiones relativas del elemento original.
- Mayor nivel de precisión implica mayor tiempo de procesamiento y mayor número de fotografías (número que puede estar limitado en determinados programas).
- Línea de aprendizaje rápida y relativamente sencilla para un usuario no experto.
- Poco preciso en cuanto a detalle, tanto en modelado como en texturizado.

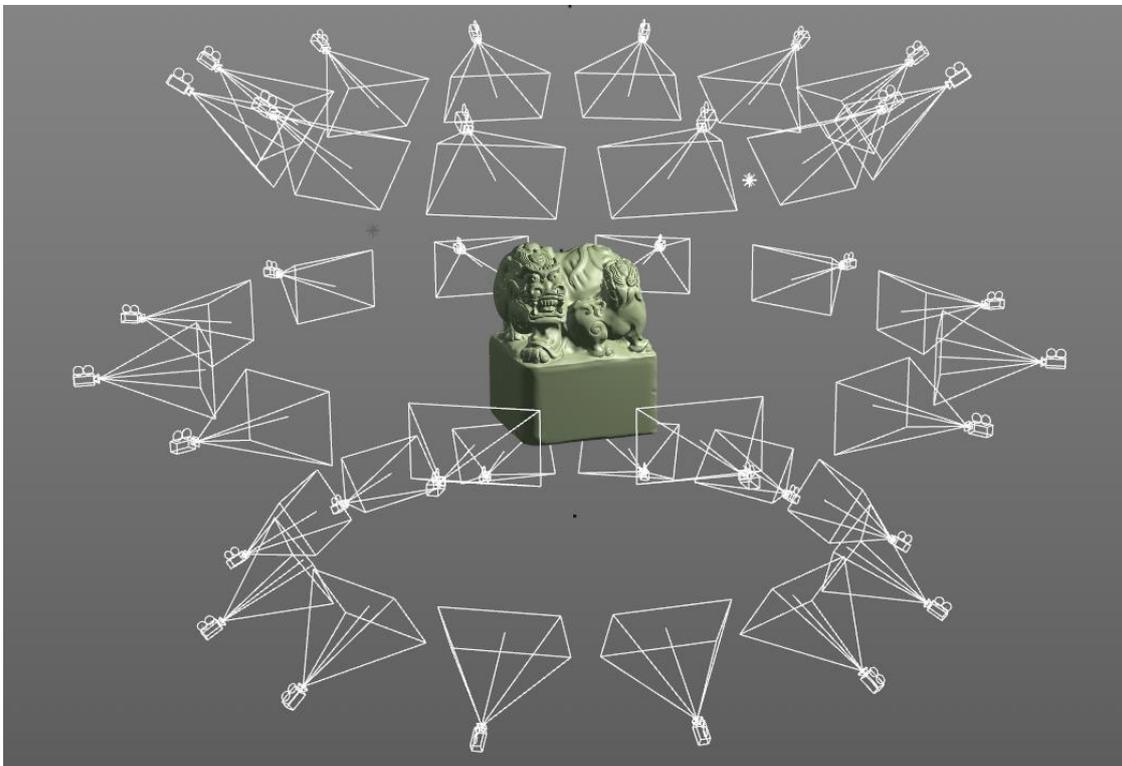


Figura 4-7. Ejemplo de disposición de cámaras para la realización de fotogrametría compleja.

Los siguientes son ejemplos de programas populares empleados en fotogrametría, ya sea para proyectos menos o más profesionales:

123D Catch. Autodesk.

[Online] [Accedido: 16-Feb-2016] Disponible: <http://www.123dapp.com/catch>

App para plataformas móviles que permite una fotogrametría con la cámara del dispositivo. El programa guía al usuario en la realización de las fotos, que supone la toma desde dos alturas diferentes completando los 360° del objeto a replicar. Una vez realizado esto, las fotografías se han de subir a los servidores dedicados de la compañía Autodesk, donde se realiza el procesado de éstas y se conforma el modelo, que luego se devuelve al usuario. El proceso es bastante autónomo y sólo brinda la posibilidad de eliminar y realizar nuevas fotografías, para su nuevo procesado. Supone un ejemplo de fácil acceso a la digitalización 3D para usuarios sin demasiados conocimientos que proporciona resultados casi instantáneos aunque poco precisos y fieles.

Vídeo. “123D Catch - Create Your Own 3D model: Planning your shoot”.

[Online] [Accedido: 16-Feb-2016] Disponible:

<https://www.youtube.com/watch?v=7TfXXJxDsXw>

Photomodeler. “Eos Systems Inc”.

[Online] [Accedido: 18-Feb-2016] Disponible: <http://www.photomodeler.com/index.html>

Este ejemplo supone un paso intermedio ya que precisa una mayor interacción por parte del usuario, quien debe tener cierto grado de conocimientos para la realización de fotografías de manera adecuada y su composición en este software. Puede llegar a obtener resultados bastante fieles aunque precisa de un equipamiento más avanzado y capaz por parte del usuario para llegar a manejar una mayor cantidad de datos.

Animación. Jan Wesbuer. “Emmaburg Castle”. [Online] [Accedido: 18-Feb-2016]

Disponible:

<http://www.photomodeler.com/applications/architecture/images/Emmaburg%20Flash/Emmaburg%20Flash.html>

RealityCapture. "Capturing Reality s.r.o."

[Online] [Accedido: 24-Feb-2016] Disponible: <https://www.capturingreality.com/>

Este último ejemplo, ya pensado para proyectos más complejos, ofrece un software muy capaz pero con altos requerimientos tanto en formación del usuario como en equipamiento necesario. Es capaz de lograr modelos con un alto grado de fidelidad y precisión, además de manejar grandes y variadas cantidades de datos. La fotogrametría en este caso debe ser muy controlada llegando a conformarse en escáneres pasivos.

Vídeo. "CGI & VFX Tech Showcase HD: "Capturing the Apocalypse"". Ten24. [Online]

[Accedido: 24-Feb-2016] Disponible:

<https://www.youtube.com/watch?v=UWBsMaPPWTU>

¿Por qué se opta por el modelado sobre la Fotogrametría?

En cierto punto, en este proyecto se emplean fotografías tomadas como referencia del objeto original, esto permite guardar información sobre las dimensiones, los materiales y la textura de la pieza, así como referencia de la estructura de la misma. Sin embargo, y al igual que se comenta en el apartado de escáner 3D, el control que ofrece el modelado sobre la figura es superior, y lo sigue siendo en comparación a la fotogrametría. Esta última técnica resulta más sencilla y rápida, siempre que el modelo final buscado no presente gran precisión y fidelidad, algo que sí se consigue con el modelado además de sus beneficios para los consiguientes procesos de animación. En cuanto al aspecto económico, la fidelidad de la figura va acompañada de su inversión tanto en tiempo como en equipamiento especializado. Con el modelado, sí, son necesarias unas buenas imágenes tomadas como referencia, sin embargo, una fotogrametría profesional no sólo requiere una gran cantidad de fotos de alta calidad sino también ordenadores y potencia computacional suficiente como para trabajar con una enorme cantidad de información.

5.- METODOLOGÍA

5.1 Herramientas de gestión

Para la realización de este trabajo se emplean una serie de herramientas de gestión que ayudarán a su planificación y seguimiento, siguiendo los modelos de metodologías ágiles de *Kanban* y diagrama de *Gantt*. Dichas metodologías pretenden mejorar la eficiencia disponiendo visualmente los diferentes estados de un proyecto y adaptando y optimizando los objetivos. Estas herramientas son:

5.1.1 MEDIAWIKI

Software diseñado para albergar contenido de carácter público y fácil acceso. Mediante éste, un usuario no experto en la realización de páginas web es capaz de crear contenido rápidamente y compartirlo públicamente. Sin embargo, también se puede restringir su ámbito, y, como en este caso, funcionar bajo una red de usuarios autenticados, aunque siempre manteniendo su facilidad de uso. Esta interfaz sirve como puente de colaboración entre Director-Autor para hacer un seguimiento de esta memoria.

5.1.2 MICROSOFT OFFICE PROJECT

Programa encargado de la administración de proyectos, donde es posible la gestión de equipos, tareas, horarios, gestión de recursos, informes y progresos entre otros. Es un instrumento muy versátil para la planificación de cualquier proyecto, y, en este caso, se emplea para la realización de un *planning* inicial, donde se concreten fechas de inicio y final, y se disponga la jerarquía de tareas a realizar.

5.1.3 TRELLO

Esta herramienta provee *apps* para dispositivos móviles y una interfaz web para tener en todo momento el seguimiento de un proyecto, disponiendo las tareas a realizar como tarjetas que pueden albergar listas, fechas de inicio y final y categorías, entre otros, para gestionarse. Con esa finalidad se emplea en este trabajo donde se disponen las tareas a realizar, las que se están realizando y las finalizadas, todas siguiendo los plazos definidos en el *planning* inicial y guardando cualquier variación de cara a las conclusiones.

5.2 Fases del proyecto

5.2.1 PREPRODUCCIÓN

En esta fase se realiza la planificación de todos los aspectos del proyecto, así como la búsqueda de referentes. Aquí se define el proceso y la toma de fotografías de referencias y lo que ello supone: el equipo necesario, el procedimiento y la captura. También se conforman los guiones y el *storyboard* de la composición final.

5.2.2 PRODUCCIÓN

Esta sección recoge el proceso de desarrollo donde se especifica el empleo de los programas de edición 3D. En este proyecto se emplean los programas de modelado *3Ds Max* y *Cinema 4D*, en donde se colocan las fotografías de referencias y se realiza el modelado siguiendo las formas que describen las piezas. Principalmente se usa el segundo programa, aunque se emplea el primero si se encuentran carencias o no es posible solucionar según qué aspectos de las figuras.

Una vez completado el modelado, del cual se busca poder controlar su topología y ser capaz de variar el grado de detalle (y por ende el peso del archivo), se procede al texturizado, comprendiendo métodos de *Unwrap* y *camera mapping*. En esta sección también se compone el entorno (en base a referencias) en el que se posiciona la figura.

Aunque en este trabajo se separa el apartado de “Animación”, dado que se abordan temas específicos, ésta fase supone el final de la producción. Aquí se adecúa el entorno y se prepara la iluminación, todo según los referentes analizados en preproducción. Se configuran las cámaras, y sus movimientos, para finalmente componer un *render* final.

5.2.3 POSTPRODUCCIÓN

La última fase del proyecto supone la composición de los pases de *render*, la edición de color y retoques de iluminación, así como otras capas para conformar el vídeo final. Luego se pasa a la adición y corrección del audio y se monta el vídeo. Los programas que se emplean en esta fase son: Adobe After Effects y Adobe Premiere.

6.- PREPRODUCCIÓN

6.1 Planificación

A continuación se muestra la planificación inicial del proyecto y el listado de las fases que lo constituyen. El esquema de las etapas y su adecuación a un calendario se realizó con Microsoft Office Project. Gracias a este diseño se describe visual y fácilmente las tareas a realizar en el tiempo y la consecución de cada una según el orden acordado. También se optó por el desarrollo de una metodología *Kanban* mediante la herramienta de Trello, gracias a la cual se realizaría el seguimiento de la consecución de tareas siguiendo el calendario establecido.

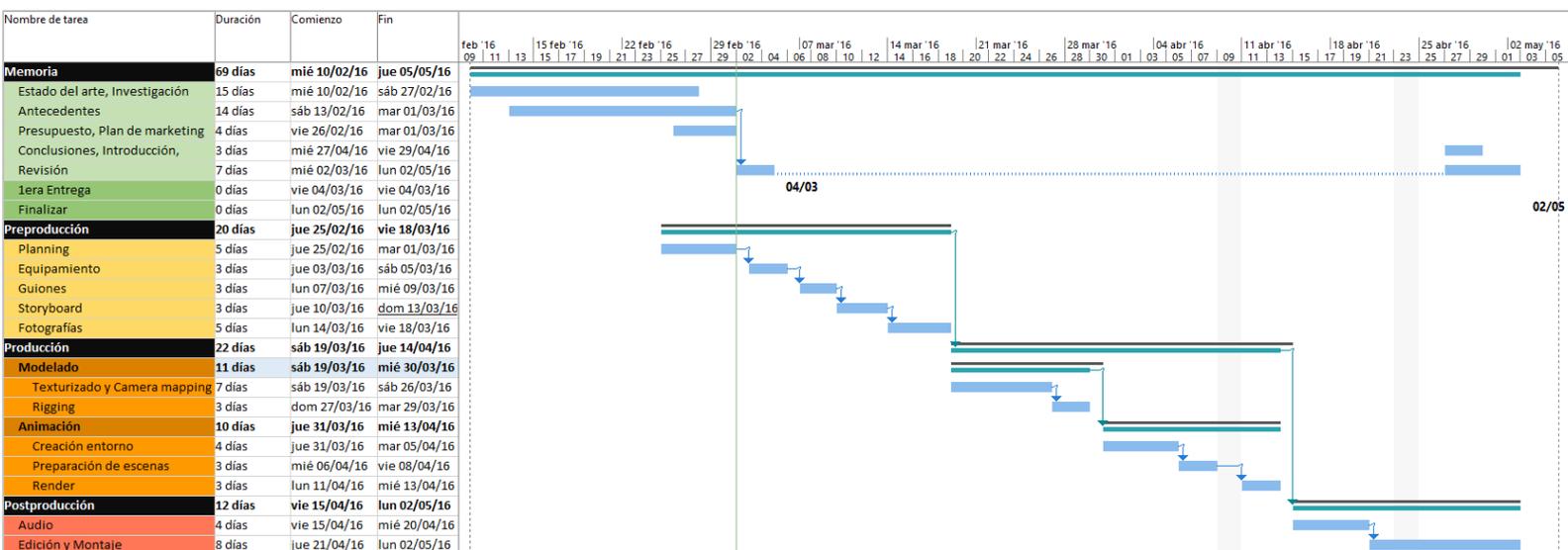


Figura 6-1. Esquema de Gantt para la planificación inicial del proyecto.

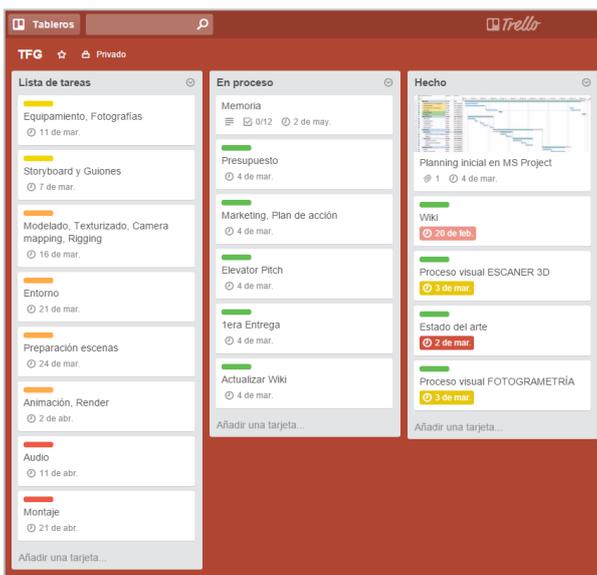


Figura 6-2. Detalle del listado de tareas en Trello.

Cabe mencionar en este punto, que la planificación mostrada en las figuras anteriores no fue posible cumplirla debido a ciertas modificaciones. El hecho de mover la toma de fotografías a una nueva fecha hizo que el proyecto se reestructurase para adecuarlo a la temporización del TFG. Sin dichas fotografías la fase de modelado tuvo que retrasarse. Sin embargo, para acomodar las fases del proyecto se optó por desarrollar el entorno (de cuyo modelo base, en este punto, sí se disponía) con tal de no interrumpir el proceso de trabajo. Además se varió el proyecto en cuanto a la animación final a mostrar, que suponía un mayor tiempo en la etapa de modelado. La siguiente figura muestra la nueva planificación que finalmente se siguió.

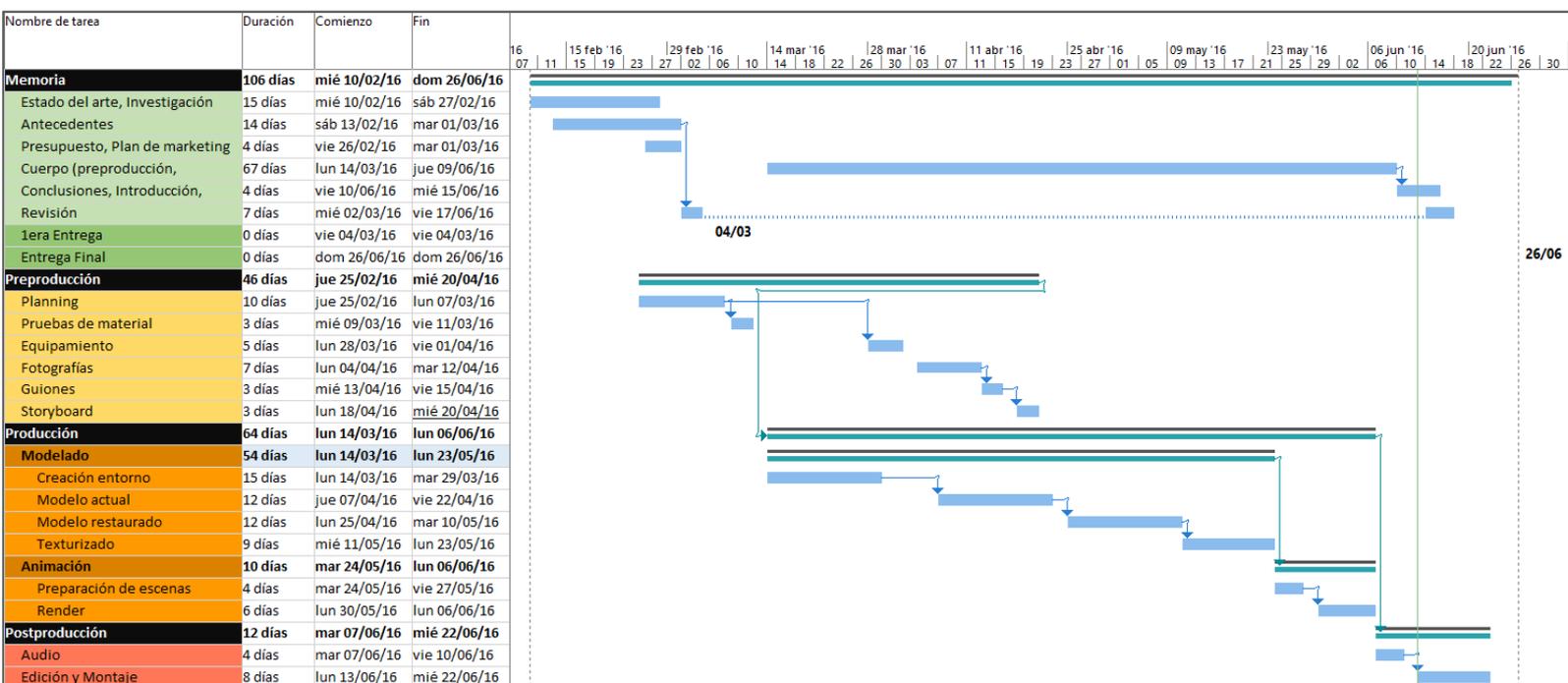


Figura 6-3. Nuevo esquema de Gantt para la planificación del proyecto.

6.2 Referentes

En este apartado se comentarán proyectos que resultan de utilidad o se toman como referencia para la creación del propuesto en éste.

6.2.1 COLOR



Vídeo. STUDIO SMACK. "*De Staat - Witch Doctor*".

[Online] [Accedido: 5-Ene-2016] Disponible:

<https://vimeo.com/groups/114/videos/140161428>

En el vídeo se presenta una paleta de color bastante definida entre azules y rojos saturados que logra aportar la sensación de calor y dinamismo en la secuencia.

6.2.2 ILUMINACIÓN



Vídeo. Primitiva. "*Cerveza Escudo - Heroes del 18*".

[Online] [Accedido: 24-Abr-2016] Disponible:

<https://vimeo.com/106419911>

Con este referente se consigue acentuar los elementos centrales sobre los que recae la mayor parte de iluminación, ya que el entorno queda relegado con poca información. Existe un buen equilibrio de contraste gracias al cual se encuentra un buen balance entre figura y fondo.



Vídeo. Sehnsucht, "*IWC - Pilot's Watch Series DC*".

[Online] [Accedido: 8-Abr-2016] Disponible:

<https://www.youtube.com/watch?v=CGIOuLh6axs>

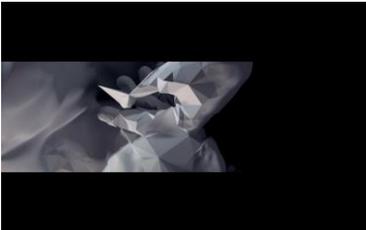
Otro ejemplo de iluminación muy trabajada en la que se recalca la calidad de la luz. Se presenta un entorno bastante cargado de iluminación difusa en la que casi todos los elementos presentan información.

6.2.3 ANIMACIÓN



Vídeo. Fred Huergo, "D&AD 2015: ASCEND". Mill+.
[Online] [Accedido: 10-Dic-2015] Disponible:
<https://vimeo.com/128464899>

Se trata de una animación en la que se destaca un alto cuidado sobre los detalles de formas muy complejas, las cuales muestra en movimientos de cámara suaves. Para este proyecto donde se quiere mostrar un alto nivel de detalles, este tipo de animaciones, con transiciones suaves, parecen efectivos.



Vídeo. Quayola, "Matter - (excerpt)". [Online] [Accedido: 10-Dic-2015] Disponible:
<https://vimeo.com/38651080>

En este vídeo se muestra como las formas más complejas se componen de figuras primitivas y básicas, como en este caso una escultura digital se conforma de triángulos. En este caso resulta atractivo implementar una acción similar en la que se muestre como se conforma esta escultura.



Vídeo. Sehsucht, "Optifibre Director's Cut". [Online]
[Accedido: 24-Abr-2015] Disponible:
<https://vimeo.com/123304954>

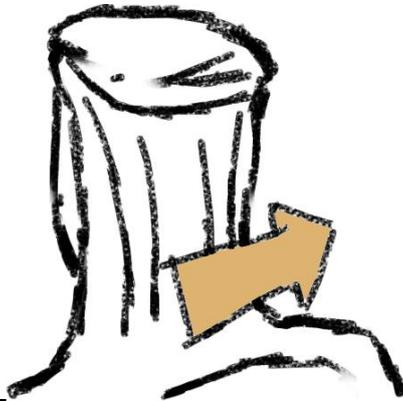
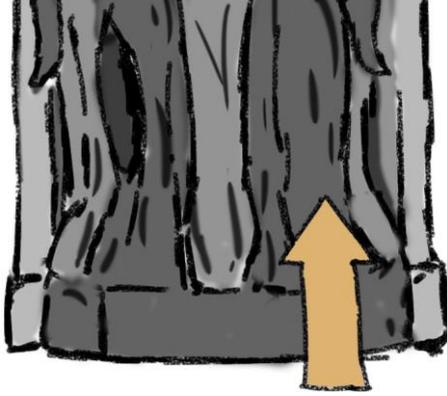
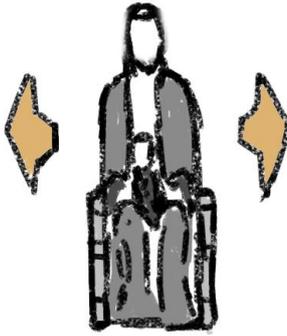
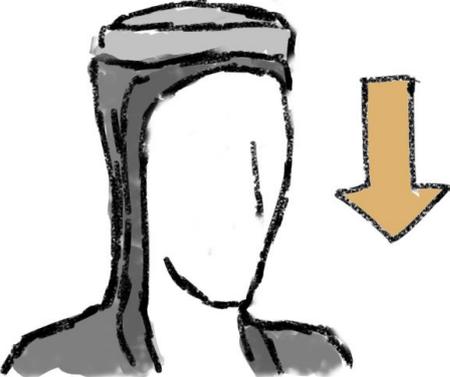
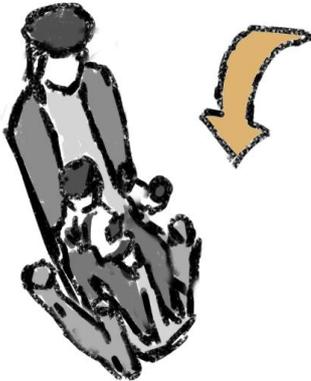
Esta animación recrea una atmosfera de degradados en grises y partículas en el aire que resulta muy atractiva y resalta los elementos centrales del vídeo.

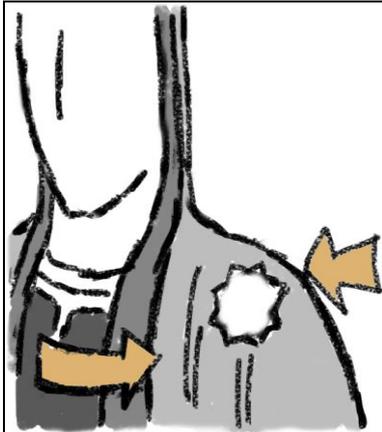
6.3 Storyline

Se busca mostrar la escultura en dos fases: su estado actual (representación realista) y una visión personal (dado que no se ha perseguido una documentación exhaustiva para una restauración) de cómo hubiese sido. Otro de los objetivos es mostrar el escenario donde se encontraría, la ya inexistente iglesia de la Rodona. Con este esquema se persigue una animación que con el siguiente storyline.

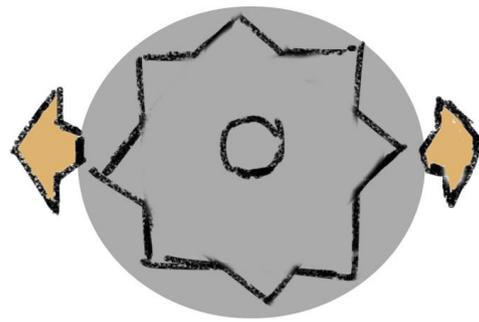
Se presenta la escultura en su estado actual y sus diferentes detalles. Luego se da comienzo a una visión de estado original gracias a los métodos y la manipulación 3D. Se elimina la forma actual y se presenta una transición abstracta a la visión de su forma original. Al mismo tiempo se realiza el mismo proceso con el entorno, dado que se forma junto a la pieza la iglesia en la que se encontraba. La animación también presenta la correlación en la simbología de la escultura y la iglesia, y acaba mostrándoles en conjunto.

6.4 Storyboard

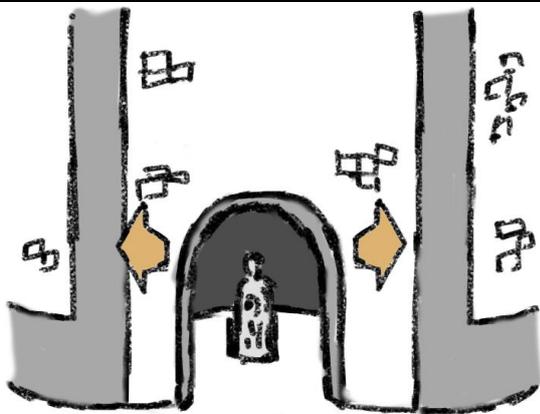
	
<p>Estado actual. Travelling lento de la zona posterior.</p>	<p>Estado actual. Detalles de la zona inferior.</p>
	
<p>Estado actual. Detalles de la zona central y superior. Travelling hasta la cara de la pieza principal.</p>	<p>Transición de estado actual a original. Zoom hacia fuera mostrando toda la figura.</p>
	
<p>Estado original. Travelling desde la zona superior hasta la parte central.</p>	<p>Estado original. Vista picada y travelling mostrando la nueva figura.</p>



Estado original. Giro hasta la zona superior y zoom en símbolo.



Transición a vista cenital de la iglesia. Focal pequeña.



Transición a vista frontal de la iglesia. Zoom lento hacia fuera mostrando la alzada.



Vista lateral mostrando el campanario. Cámara estática y transición de fundido a negro.

6.5 Fotografías

El primer paso para la confección del modelo 3D de la escultura pasa por la obtención de las vistas de referencia. Gracias a la colaboración del Museu Episcopal de Vic, que facilitó la separación y preparación de la pieza para la realización de fotografías en condiciones óptimas. Esto permitió que se empleará material profesional y que las imágenes cumplieran las especificaciones con tal de crear un modelo lo más fiel posible. El material para la obtención de las fotografías fue pedido y proporcionado por la universidad. Se empleó el siguiente:

Cámara Canon EOS 60D + 18/135AF	
Batería extra Canon LP-E6	
Kit Flash Profoto AcuteB2 (1 antorcha flash + 1 radiotransmisor + 1 cable sincro)	
Trípode Manfrotto 055 y rótula RC4	
Kit Reflectores + Brazo sujeción + pie sujeción	
Multi lector de tarjetas de memoria Hama 2.0	

Figura 6-4. Listado del material empleado para fotografías.

Además se hizo una petición de material adicional con tal de cubrir posibles problemas en la toma de fotografías. Sin embargo, sólo fue necesario emplear reflectores adicionales (con sus respectivos soportes) para mejorar la iluminación, ya que no hubieron demasiados inconvenientes en la producción. El material adicional fue el siguiente:

Cable alargador sincro flash	
Cable largo con zócalo sincro	
Cable largo de corriente	
[x2] Kit Reflectores + Brazo sujeción + pie sujeción	

Figura 6-5. Listado del material adicional.

6.5.1 ESTUDIO PREVIO

Con el objetivo de obtener imágenes válidas para la obtención del modelo, previo a la realización de fotografías fue necesario un estudio del escenario y el cómo hacer las tomas. La figura fue situada en el centro de un recinto cerrado de 4x4 metros (añadiendo la mesa de soporte de la pieza, se reducía a 2.5x3.5 metros), por lo que la movilidad se vio restringida a este ámbito. La teoría supone disponer la cámara lo más lejos posible y aumentar la distancia focal con el fin de obtener una proyección lo más paralela posible. También se optó por girar la cámara y obtener imágenes verticales para maximizar la captación de información.

La habitación disponía de poca iluminación por lo que hubo que aumentar la potencia del flash, y realizar tomas de prueba para comprobar la iluminación correcta. Por parte de la cámara, teniendo flash, se dispuso un tiempo de exposición de 1/125, dado el empleo del flash, y una apertura de f/8 para procurar una gran profundidad de campo.

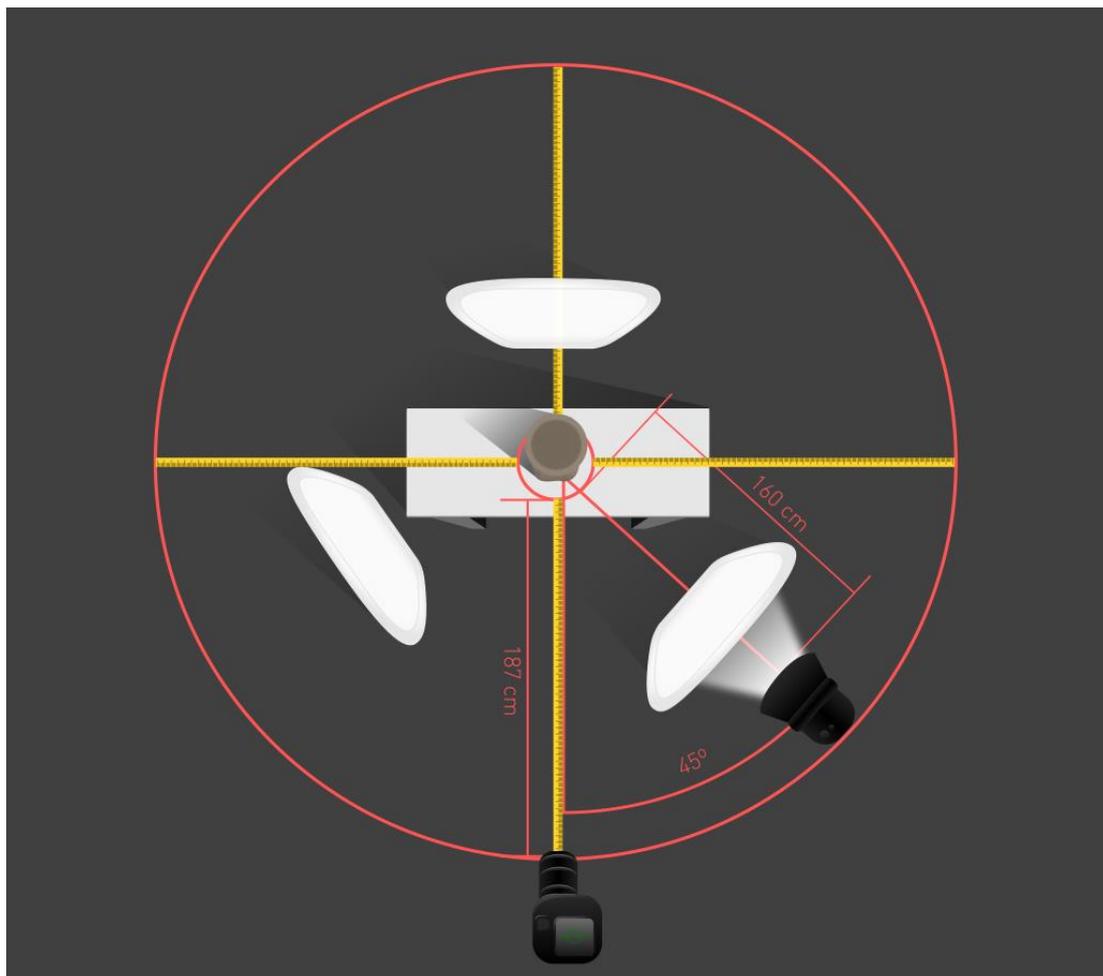


Figura 6-6. Esquema de la organización del material en el espacio para la obtención de vistas.

Mediciones

Para ahorrar trabajo de postproducción, sobretodo en cuanto al alineado de las vistas, es necesario realizar mediciones antes de hacer las fotografías.

Con respecto a la iluminación: la posición entre cámara y flash formaría unos 45°, al igual que la altura del flash con respecto al objeto, con el mismo ángulo. Esto proporcionaría una iluminación más uniforme en todo el modelo con el propósito de obtener la mayor información posible. La disposición de los reflectores es variable, para regular que se mantenga el volumen de la pieza (en cuanto iluminación) sin perder información en las sombras y zonas ocultas.

Sobre la posición con respecto a la escultura, se obtuvieron medidas hasta la distancia máxima permitida por la habitación, y desde el centro del objeto. En este punto se coloca la cámara, donde, gracias a los niveles que proporciona el trípode como el nivel de la misma cámara, ésta se consigue disponer de forma perpendicular a la pieza. La posición del flash también queda medida para obtener una iluminación consistente entre las vistas. Previendo el ejercicio de postproducción necesario debido a las limitaciones antes comentadas, también se realizaron mediciones de la escultura en sí. Esto, además de definir unas dimensiones más fieles, ayudaría al alineado de las vistas.



Figura 6-7. Medidas. Altura: 73,7cm. Anchura: 27,4cm. Profundidad: 15,6cm. Tanto en la base como en las demás vistas se dispuso la cinta métrica para realizar correcciones de alineación.

6.5.2 TOMA DE FOTOGRAFÍAS

En este punto se prosiguió a la toma de las fotografías. El patrón a seguir en cada toma suponía: medición y colocación del material fotográfico, toma de prueba y test del flash (test de iluminación), ajuste del enfoque, primera toma donde queda reflejada la medida de la pieza (incluyendo en la imagen una cinta métrica), y toma final con la iluminación, posición y enfoque correctos. Luego se vuelve a posicionar todo el material.



Figura 6-8. Producción de las fotos.

Obtención de vistas

Como se describe anteriormente en este documento, es necesario la obtención de seis vistas: frontal, trasera, izquierda, derecha, arriba y abajo. Debido a la limitada movilidad de la pieza, se debió tener en cuenta una fase de posterior tratamiento de las imágenes para su correcta alineación. Esto queda reflejado, sobretodo, en las tomas de arriba y abajo. Las vistas frontal-trasera-izquierda-derecha se obtuvieron según medidas concretas y unas posiciones de cámara e iluminación bastante similares entre ellas.



Figura 6-9. Fotografías de las vistas de la figura.

Obtención de texturas y detalles adicionales

Se captaron además, fotografías de diferentes detalles y desde otros ángulos, también de otras esculturas similares para elementos inexistentes en la figura a modelar y como referencia de texturas, color y formas. En concreto se prestó especial atención a los colores de las figuras y los detalles del relieve. Sobre los elementos que faltaban en la pieza a modelar, se captaron las manos, la parte inferior (pies y trono), la corona o parte superior de la cabeza y los elementos del niño (manos, libro y pies).



Figura 6-10. Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de coronas y pies.



Figura 6-11. Detalles de la escultura: caras, vestimenta, coronas, texturas y dibujos.

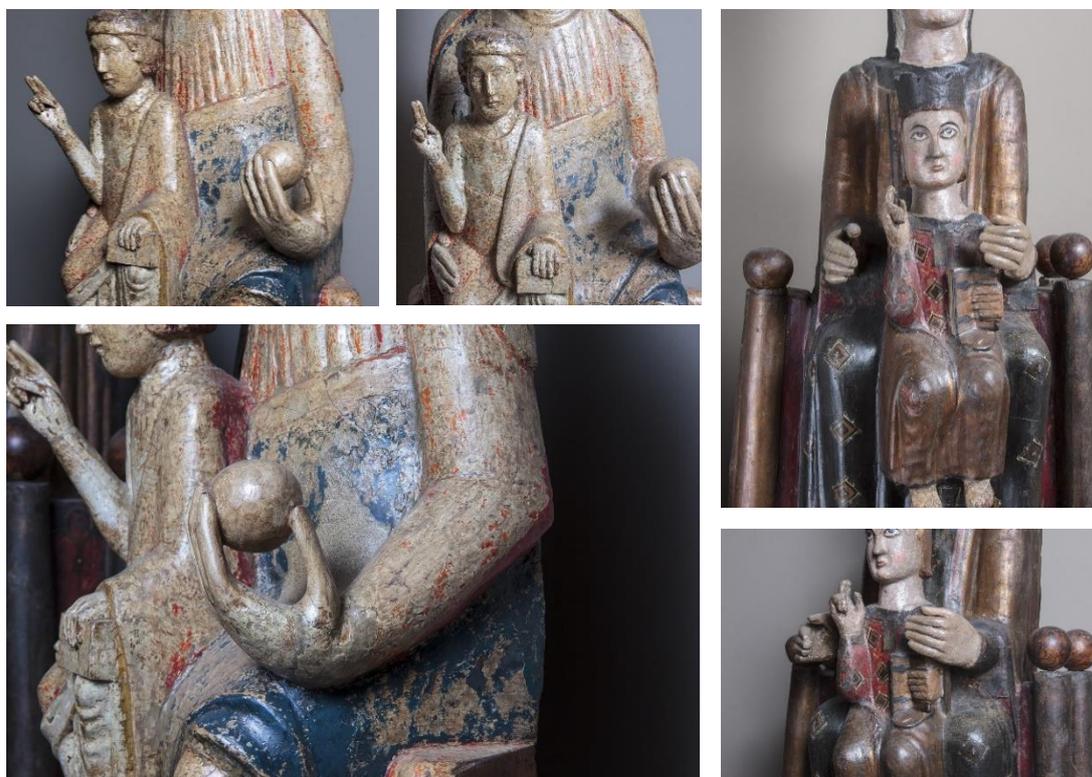


Figura 6-12. Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de manos, niño y ornamentos.



Figura 6-13. Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de manos y trono.

7.- PRODUCCIÓN

7.1 Corrección y montaje de vistas

A partir de este momento, una vez acabados el storyboard, guion, y teniendo las fotografías como referencia, se cierra la preproducción, y el primer paso de producción supone la corrección del material de referencia y el alineado de vistas para comenzar el modelado.

Es necesario alinear las vistas ya que así se mantienen las dimensiones y el modelo logra encajar entre las imágenes, lo cual supone un ahorro de trabajo a la hora de modelar. Para este proceso se emplea Adobe Photoshop, gracias al cual se realizaron correcciones de lente y se ajustan las vistas mediante guías.



Figura 7-1. Ajuste y alineado de vistas.

7.2 Montaje de vistas

Se emplean dos métodos para incluir las imágenes de referencia en el programa 3D: sobre planos en el espacio, y como fondo en las cuatro vistas. La primera opción se utiliza sobre todo para las zonas que presentan mayor cantidad de detalle, como las caras, mientras que el segundo método sirve como base para el modelo en general.

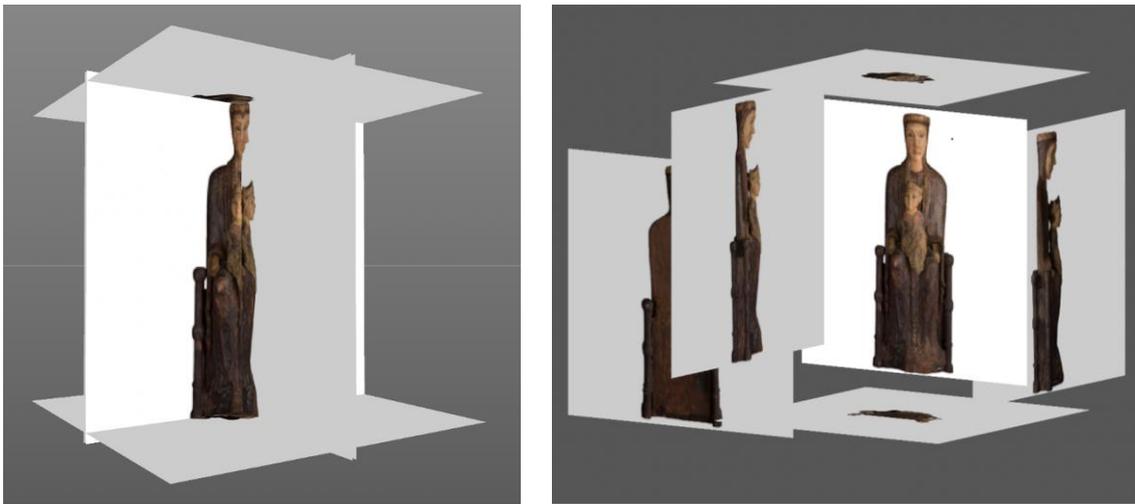


Figura 7-2. Montaje de vistas sobre planos.

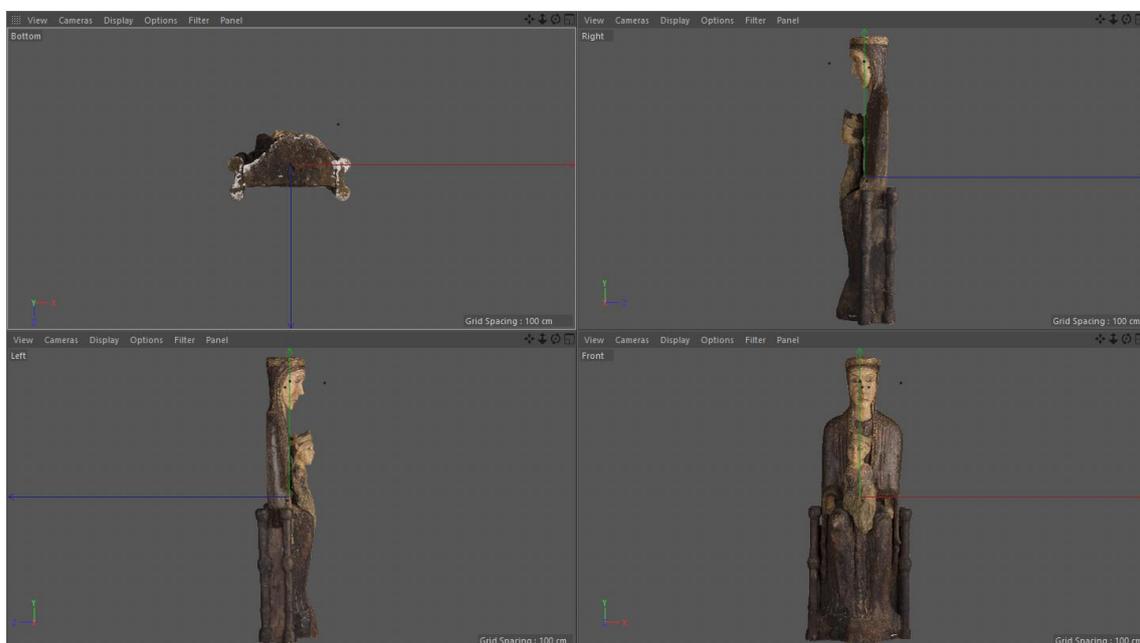


Figura 7-3. Montaje de vistas sobre el fondo de los visores.

7.3 Modelado

Una vez montadas las referencias se da comienzo al modelado de la pieza. Como se comenta en el apartado de Estado del arte, la técnica básica empleada en este proyecto es el *box modeling*, que establece partir de una primitiva para componer un objeto más complejo. Este método es especialmente usado en zonas como la cabeza y manos, ya que se parte de una estructura tridimensional sobre la que trabajar. Se debe tener en mente que sólo se modela, en un principio, un solo lado de la escultura, lo cual ahorra trabajo, y mediante un generador de simetría se calca en el otro. Una vez compuesto el modelo base se añaden los detalles y se extrae la simetría.

Para abordar el modelado se divide la figura en diferentes partes. Así, se modela la cabeza, las manos, cabeza del niño y cuerpos por separado y una vez acabados se componen en una sola figura.

En la creación de las cabezas se emplea el mismo método: Se parte de una caja con muy pocas subdivisiones (2x2x2) que se va adecuando, deformando y añadiendo detalles según las referencias. Esto implica cierto grado de conocimiento sobre la posición de los puntos y las modificaciones necesarias para que un modelo con bajo número de polígonos pueda subdividirse correctamente. Que, de forma básica, se puede resumir en: tener en cuenta las curvaturas que se generan (visualmente controlables mediante una etiqueta de *phong* y variando el ángulo límite de *smooth*), propiciar la formación de cuadrángulos en lugar de triángulos y añadir cortes (nuevos puntos y líneas) para controlar la suavidad.

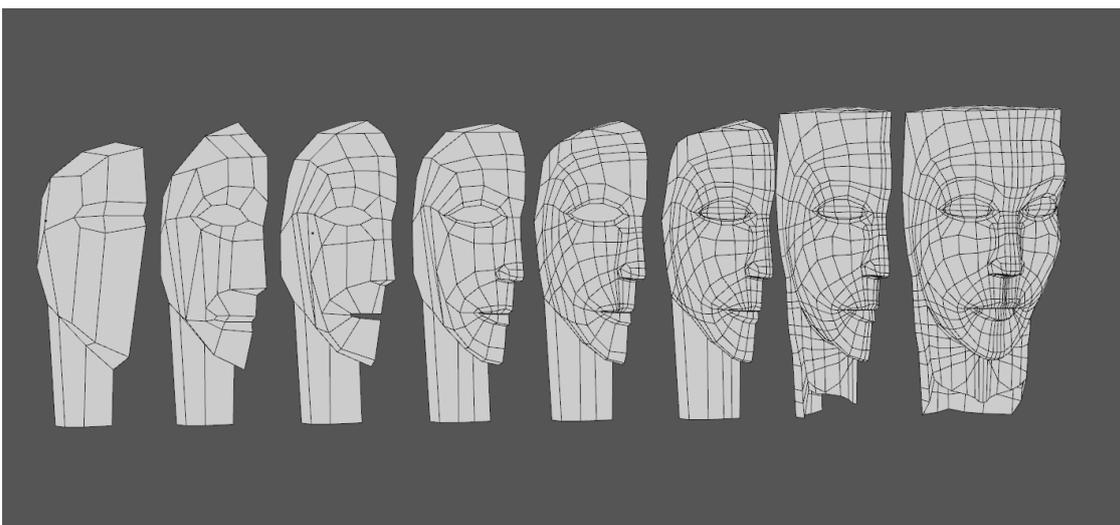


Figura 7-4. Evolución del modelado de la cabeza mediante *box modeling*.

Se emplea, además, otra técnica llamada *edge modeling*, que supone realizar un seguimiento de la figura en el espacio mediante copias de los ejes de los polígonos. Resulta útil en este tipo de modelado donde se dispone de imágenes de referencia. En este caso entran en juego herramientas como *Stitch and Sew*, para unir segmentos o puntos, *Bridge*, que crea polígonos entre ejes o puntos, o *Knife*, para crear líneas y puntos en lugares concretos con el objetivo de añadir detalle o crear curvaturas.

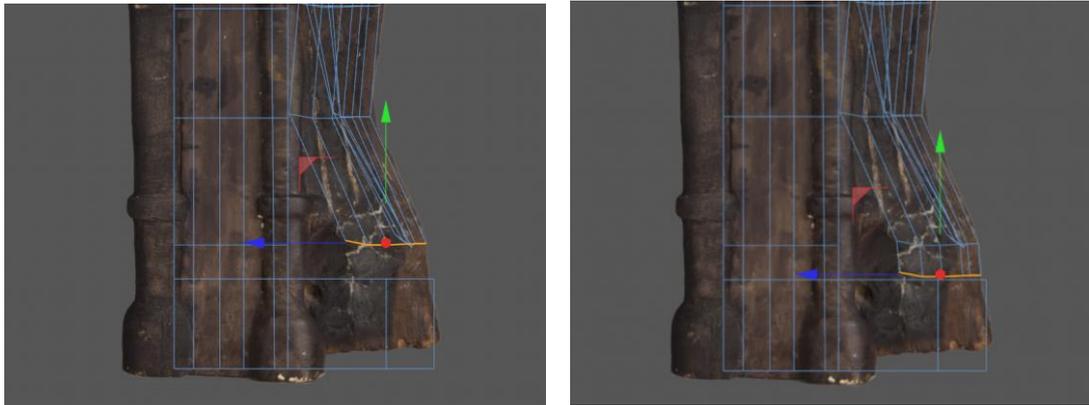


Figura 7-5. Ejemplo del empleo de *edge modeling* en la construcción del vestido.

7.3.1 PIEZA RESTAURADA

Según se decidió en preproducción, se conformaría una versión más restaurada de la escultura (según visión personal) en la cual se incluirían detalles como las manos o pies. El proceso de modelado continúa con la técnica de *box modeling*, con la cual se aseguran bordes más acentuados, emulando los acabados de madera, además del uso de extrusiones para los dedos. Estos elementos se modelan siguiendo las fotos de referencia y según indicaciones recibidas en el museo al realizar las fotografías.

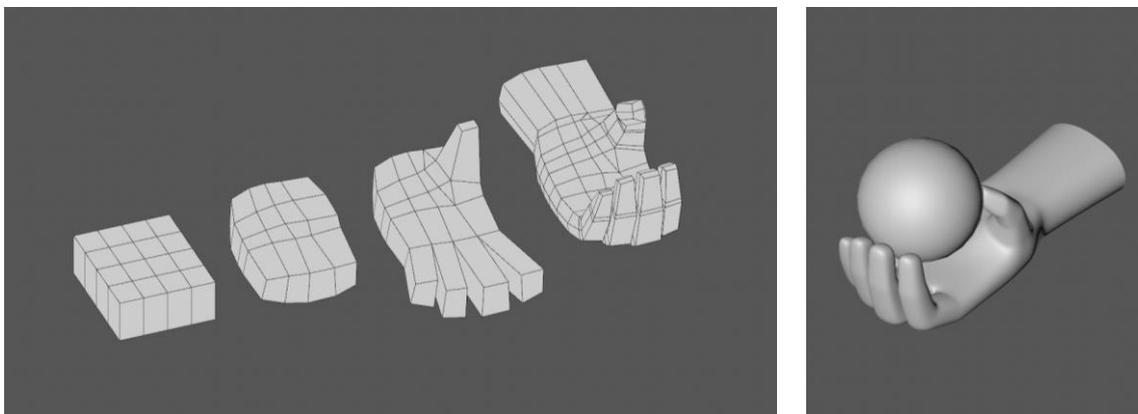


Figura 7-6. Evolución del modelado de la mano izquierda de la figura principal.

En el caso de las manos, se modela la malla que se muestra en la imagen anterior, y a partir de esta se crean las demás. El trabajo supone separar la selección de cada dedo y modificarlos para adecuarlos a las posiciones convenientes, sin necesidad de generar desde cero cada mano. Para los pies del niño se sigue el mismo proceso de modelado, empleando simetría para acelerar el proceso.

Quizás la parte más laboriosa de esta pieza supone el modelado de la vestimenta o el cuerpo del niño. Sin una referencia clara de cómo habría de ser, se crea una malla según las fotografías de otras esculturas similares. Para su construcción se emplea un plano con dinámicas de simulación de tela (etiqueta *cloth*) que, al dejarlo caer sobre diferentes objetos (con dinámicas de *cloth collider*), se moldea éstos. Dicha malla sirve de base para la confección de la ropa, ya que presenta una forma más orgánica que asegura menor tiempo de modelado.

El trono es una de las zonas más sencillas y su modelado consiste en dos cilindros y una caja entre ellos (figuras primitivas). Mediante cortes y subdivisiones en la malla se consigue el resultado esperado.



Figura 7-7. Modelo simétrico de la construcción restaurada.

7.3.2 PIEZA EN SU ESTADO ACTUAL

La versión de la figura en su estado actual y, por tanto, más realista supone el mayor objetivo en cuanto a modelado de este proyecto. Para abordar esta fase se tuvo en cuenta el texturizado que emplearía ya que el grado de detalle se rigió por esta premisa.

El software Cinema 4D provee una interfaz para el modelado de tipo *sculpting* gracias al cual se puede modelar una gran cantidad de detalles sin tener que mover puntos de la malla uno por uno. Mediante este método se crean los detalles del deterioro de la figura en la base, el trono, el niño, la corona, etc.

La forma de trabajo pasa por la creación de niveles de subdivisiones, de esta forma se comienza el modelado desde el nivel más bajo, creando las formas más visibles, hasta niveles más altos de subdivisión, donde se crean los detalles a menor escala. En este caso se optó por 4 niveles, ya que los detalles más diminutos se reflejarían gracias al texturizado. Una vez dispuesta esta configuración el modelado se sigue según las fotografías tomadas como referencia y se crean los detalles de las ondas en el vestido, las asimetrías en las caras, los cortes y el deterioro de la pieza, etc.

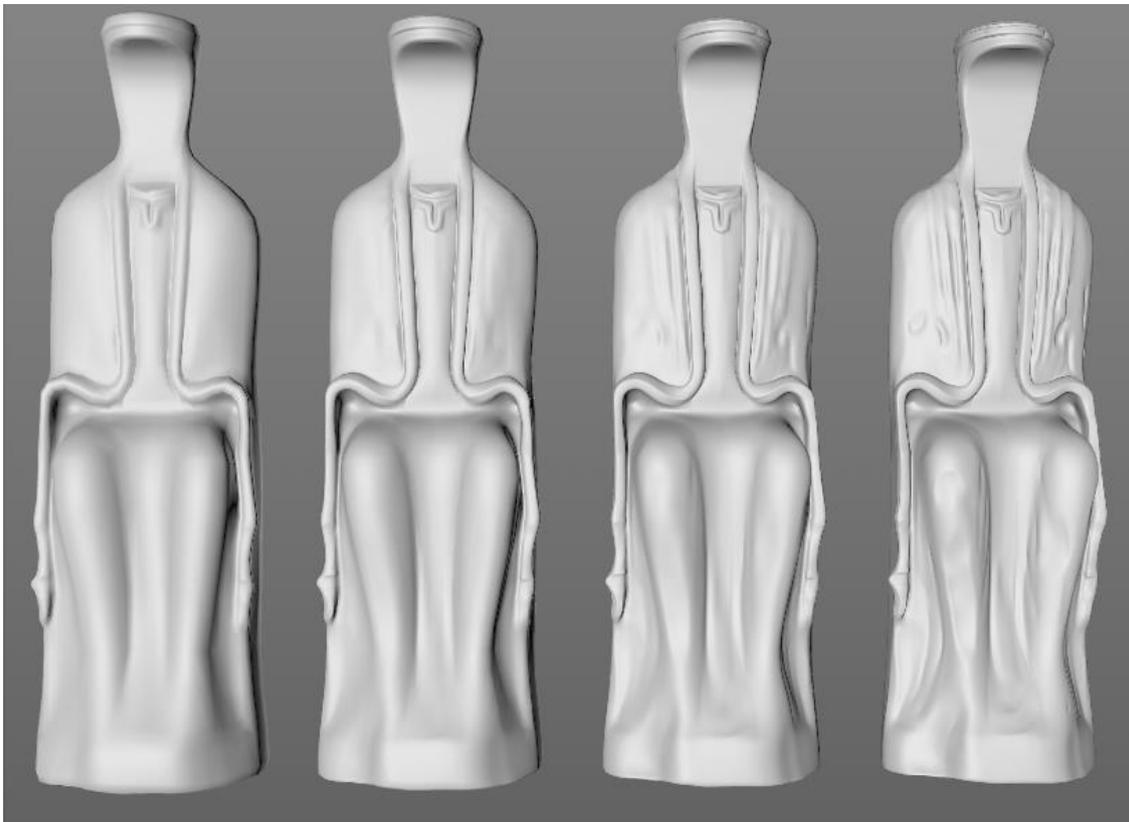


Figura 7-8. Proceso de *sculpting* para los detalles en el vestido, desde nivel 0 al 4 de subdivisiones.

En este punto nos encontramos con un problema: el obtener un modelo con un gran número de polígonos supone a la máquina un mayor esfuerzo, y dado que la finalidad de esta pieza pasa por su animación es necesario reducir este número. Una opción que se suele emplear es la creación de un mapa de normales, con los detalles incluidos, sobre una malla de bajo nivel de polígonos. Sin embargo, al intentar esto, y debido a la pequeña franja de niveles, el modelo resultante presentaba errores visuales dado que algunos polígonos no se mapeaban correctamente en la textura de normales.



Figura 7-9. Incorrecta aplicación de mapa de normales en piezas con pocos niveles de subdivisión.

La opción empleada finalmente pasa por emplear un deformador de reducción de polígonos y como vemos en la imagen a continuación las diferencias no resultan demasiado notables, sobre todo teniendo en cuenta que el modelo aún no llevaba textura.

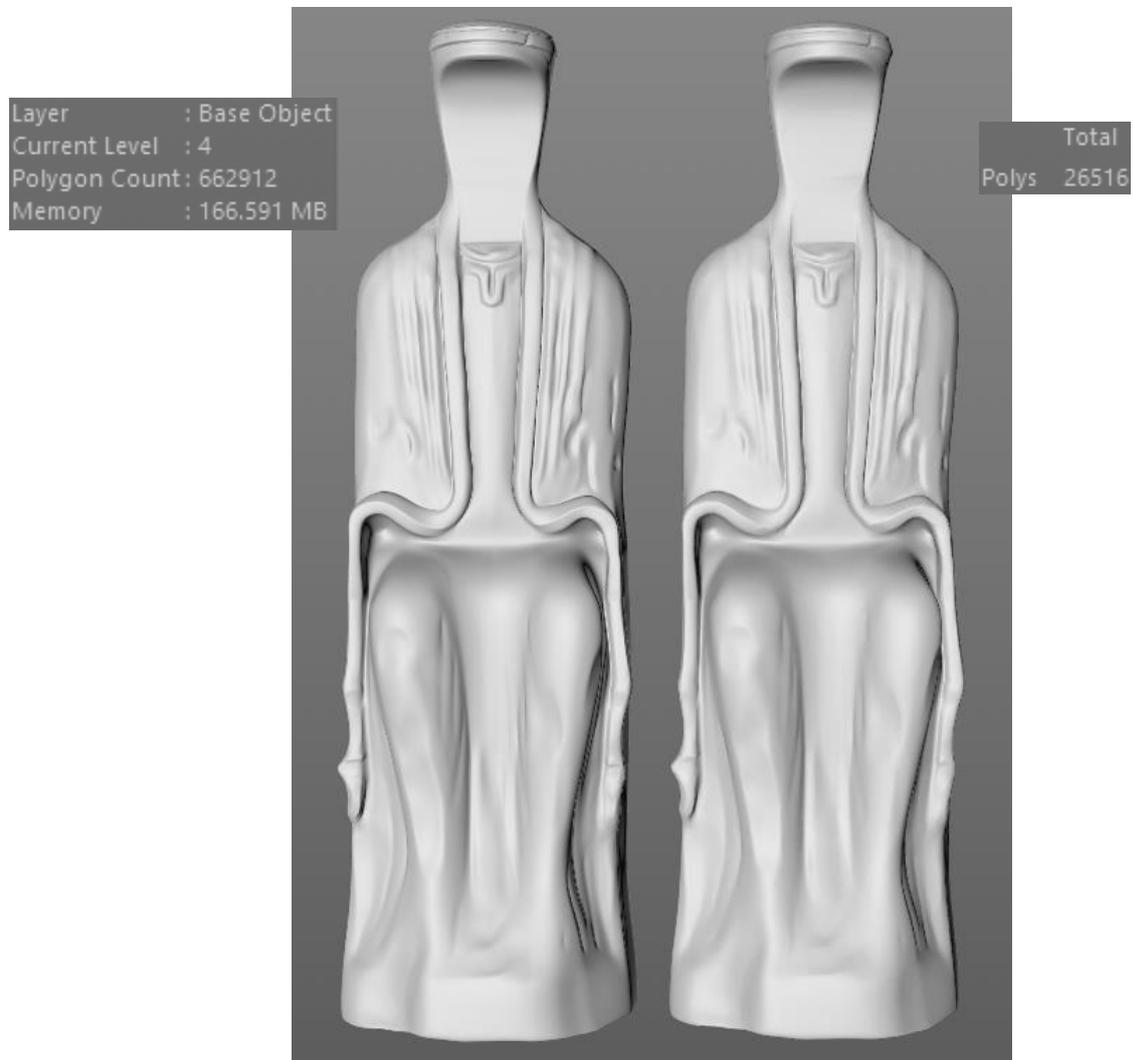


Figura 7-10. Comparación del número de polígonos del modelo del vestido, entre malla de nivel 4 de subdivisión (662912 polígonos) y malla reducida (26516 polígonos).

7.3.3 CONTROL DE LA MALLA

Como se comenta con anterioridad en esta memoria, una de las ventajas del modelado 3D tradicional es la capacidad de control sobre la malla. Por ello se construye la malla base con bajo detalle y, empleando el generador de *Subdivision Surface*, se crean interpolaciones entre los ejes que generan más polígonos.

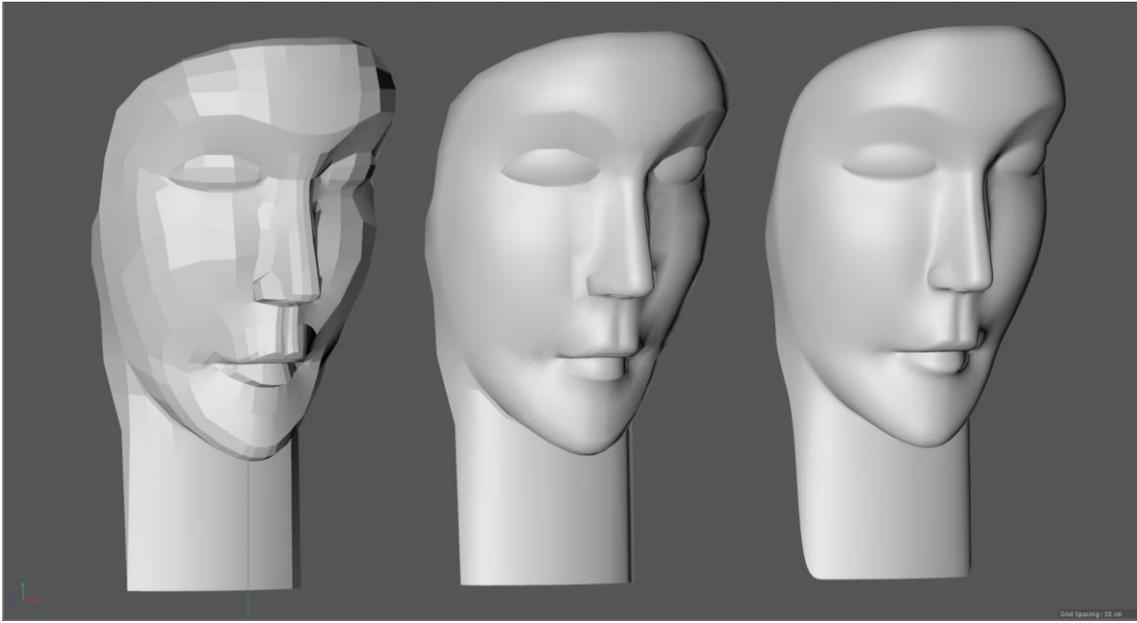


Figura 7-11. Diferentes iteraciones de subdivisiones en la malla.

Gracias a esto, se puede obtener más suavidad en la malla y mejorar su resolución. Sin embargo, dado que se trata de un ajuste paramétrico, siempre se puede retroceder y obtener un modelo de bajo poligonaje; en caso de que se precise de operaciones donde prime el rendimiento. Para la finalidad de este trabajo, la animación, se opta por una subdivisión de 3 pasos empleando *Catmull-Clark (N-Gons)*, ya que proporciona un equilibrio óptimo entre rendimiento y visual.

7.3.4 CREACIÓN DEL ENTORNO

Este apartado del proyecto se conformó antes de la realización del modelo principal, a pesar de incluirse en este punto de la memoria. Esto fue así dado que se produjo una modificación en la planificación inicial, donde no se pudieron realizar las fotos cuando estaba previsto. Sin éstas no era posible avanzar en el modelado de la pieza principal, por lo que se decidió por continuar con el modelado del entorno. Éste se constituye principalmente por una iglesia en la que se sitúa la escultura.

Para obtener cierto grado de realismo se optó por incluir la iglesia original de la que provenía la escultura: *Santa María la Rodona de Vic*. Sin embargo, dicha iglesia no existe actualmente por lo que gracias a la colaboración de los profesores de la universidad Miquel Bigas y Antoni Bover, y el arquitecto Mauro Mas, se facilitó un modelo base de ésta. Dicho modelo ya presentaba un estudio de dimensiones y formas que facilitó y aceleró la labor de esta sección.

El trabajo añadido que se realizó consistió en la adición de detalles y texturizado, sirviéndose de diferentes referentes de otras iglesias similares, sobre todo las ubicadas en la población de Besalú.

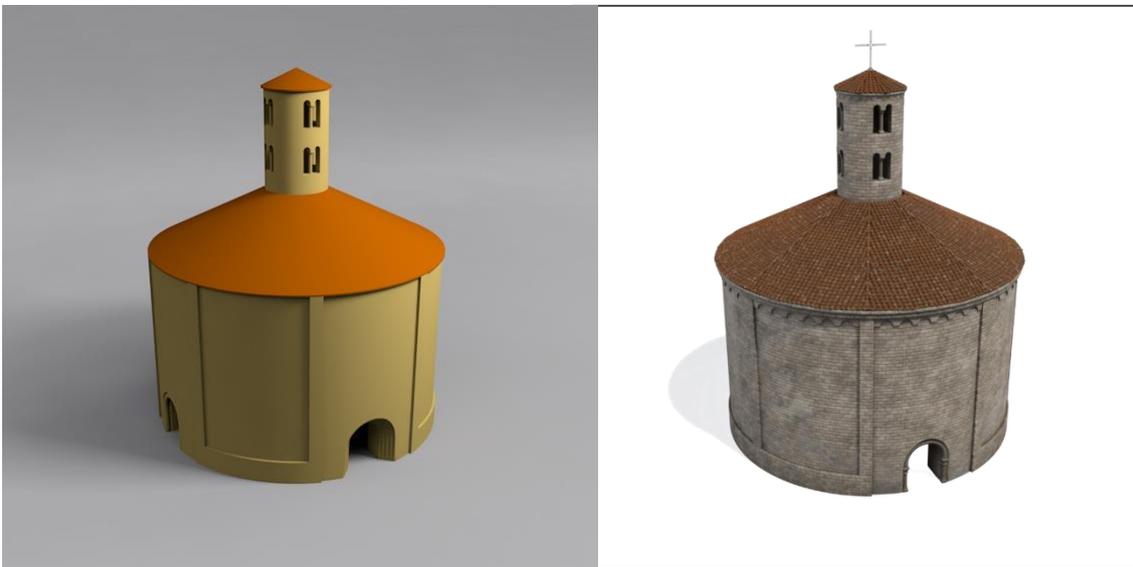


Figura 7-12. Modelo base para la iglesia (izq.) y modelo construido para este proyecto (der.).



Figura 7-13. Ejemplo de referentes para el modelo de la iglesia.

Tejado y tejas

Para la creación de las tejas se parte desde un cubo al cual se aplican medidas de 20cm x 1.5cm x 40cm (similares a una teja real), al cual se añaden los deformadores de *Taper*, para variar su tamaño y *Bend*, para doblarlo a la forma característica. Luego, gracias a la herramienta *Cloner*, se replica, en modo lineal, hasta cubrir la zona del tejado.

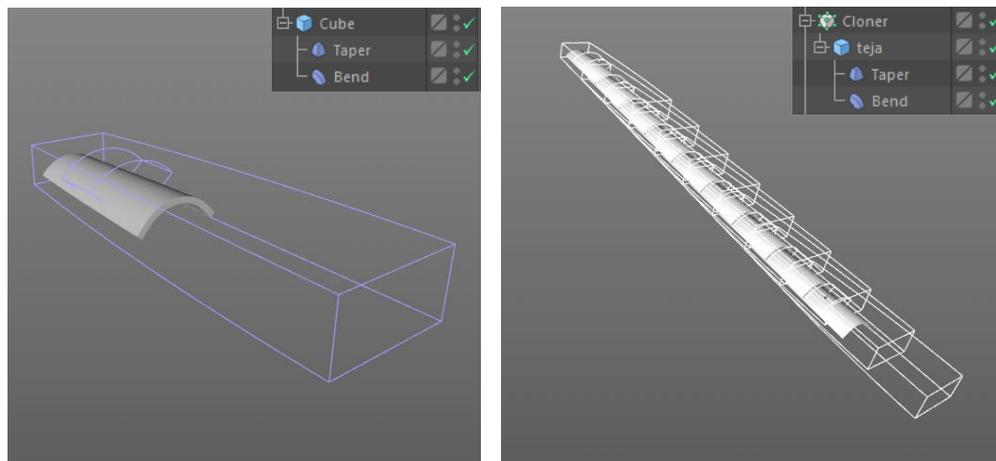


Figura 7-14. Modelado de una teja y empleo del *Cloner* para su iteración.

Para imitar la disposición de las tejas según las imágenes de referencia se aplican dos clonadores más de tipo *Array*. Uno con 8 iteraciones en modo circular y otro con 4x2 iteraciones (contando arriba y abajo) más un generador *Symmetry* (16 en total), en modo lineal dentro de cada cuadrante.

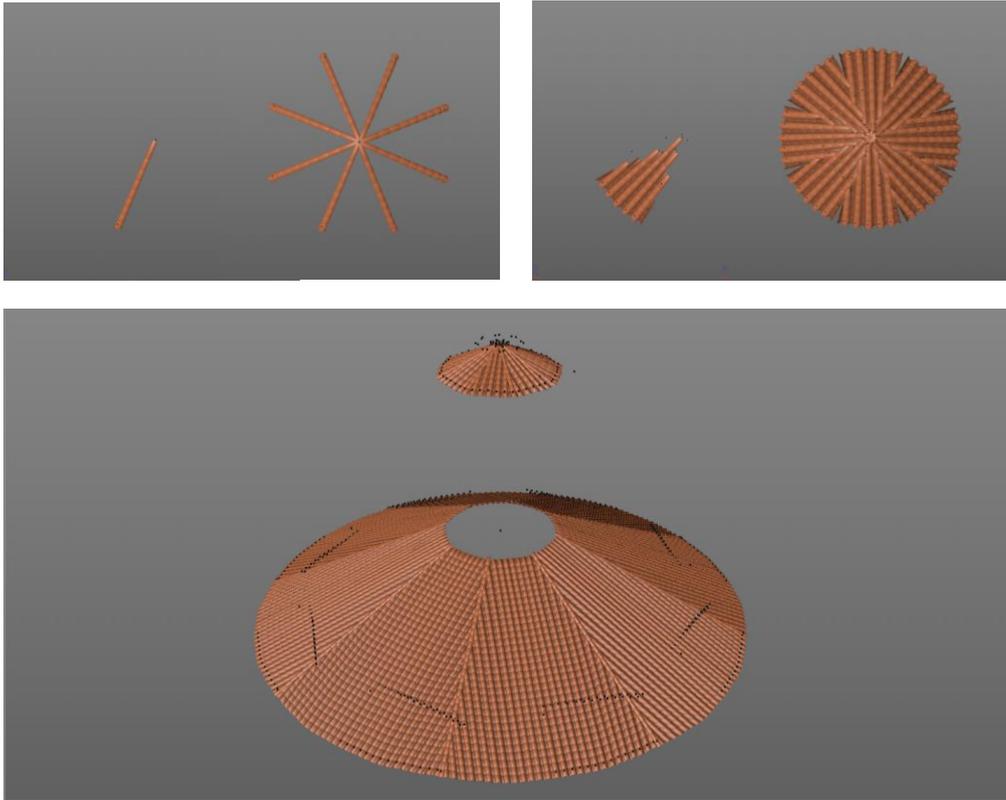


Figura 7-15. Confección del tejado mediante *Arrays*, *Cloners* y *Symmetry*.

Otros elementos modelados suponen: detalles en la base de los techos, detalles en las columnas, arcos en las ventanas y detalles en los portales.

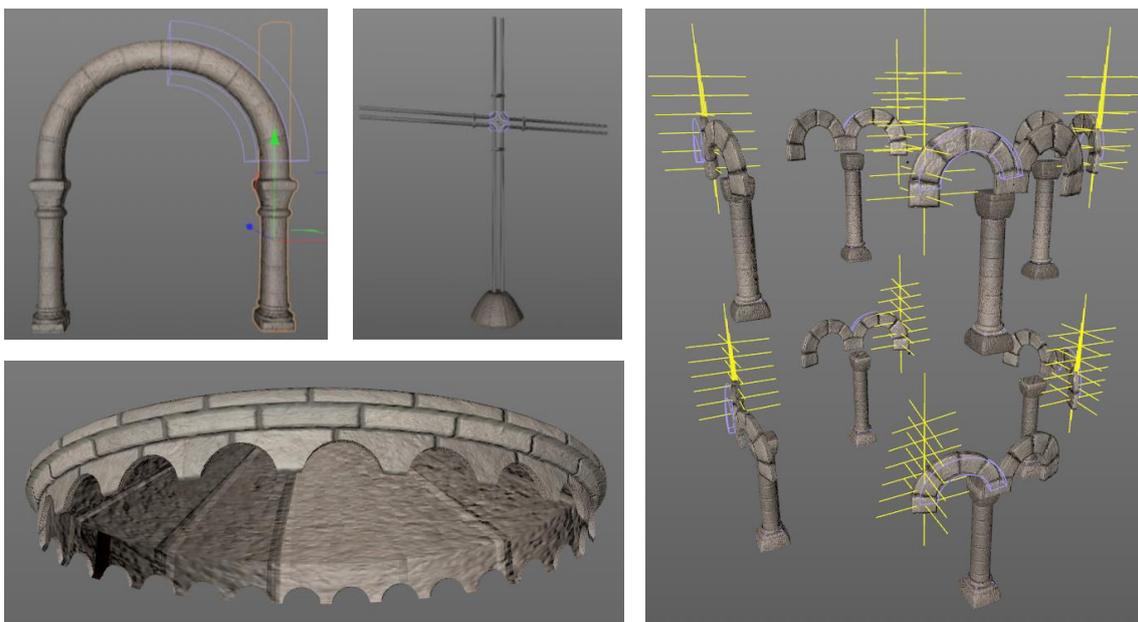


Figura 7-16. Elementos añadidos al modelo de la iglesia.

7.4 Texturizado

Una vez completada la fase de modelado se procede a la inclusión de texturas. Según el modelo y las características y complejidad que presenta, la técnica de texturizado varía. A continuación se describen los métodos empleados en los objetos principales.

7.4.1 IGLESIA (ENTORNO)

Tomando como referencia los ejemplos mostrados en el apartado anterior (“Creación del entorno”), se constituyen cuatro materiales principales para completar este modelo: las tejas, los bloques de las paredes, el suelo y un material para simular roca, empleado en elementos como las columnas.



Figura 7-17. Materiales empleados en el entorno: tejas (arriba, izq.), bloques (arriba, der.), suelo (abajo, izq.), roca (abajo, der.).

7.4.2 ESCULTURA (ESTADO ACTUAL)

En este caso se emplean diferentes métodos para conseguir el estado que presenta la pieza en la actualidad. Se sigue optando por la creación de materiales procedurales o *Shaders* con los cuales se consigue un alto grado de detalle a poca distancia del objeto.

Gracias a la metodología basada en capas del software Cinema 4D, se pueden superponer materiales combinando las diferentes formas en los canales de alfa. Para este modelo, se persigue una configuración similar a los materiales de visibles en las fotografías tomadas. Esto supone la confección de una madera muy envejecida y con visibles rasgos de deterioro. Se consigue conformando los materiales por capas *Layers* en los cuales se incluyen varias capas de *Noise* con diferentes esquemas.



Figura 7-18. Materiales para emular madera deteriorada oscura (izq.) y clara (der.).

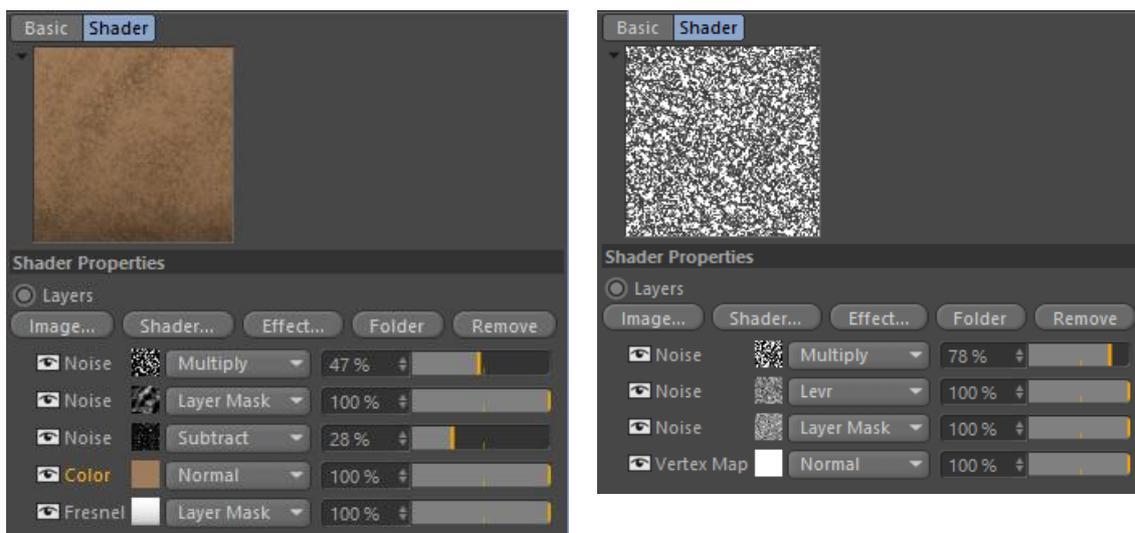


Figura 7-19. Configuración de los materiales de la piel (izq.) y *overlay* de deterioro (der.).

El siguiente es un ejemplo de la creación de una textura, en este caso de la cara, mediante la ordenación por capas de diferentes materiales y el empleo de *Vertex maps*.

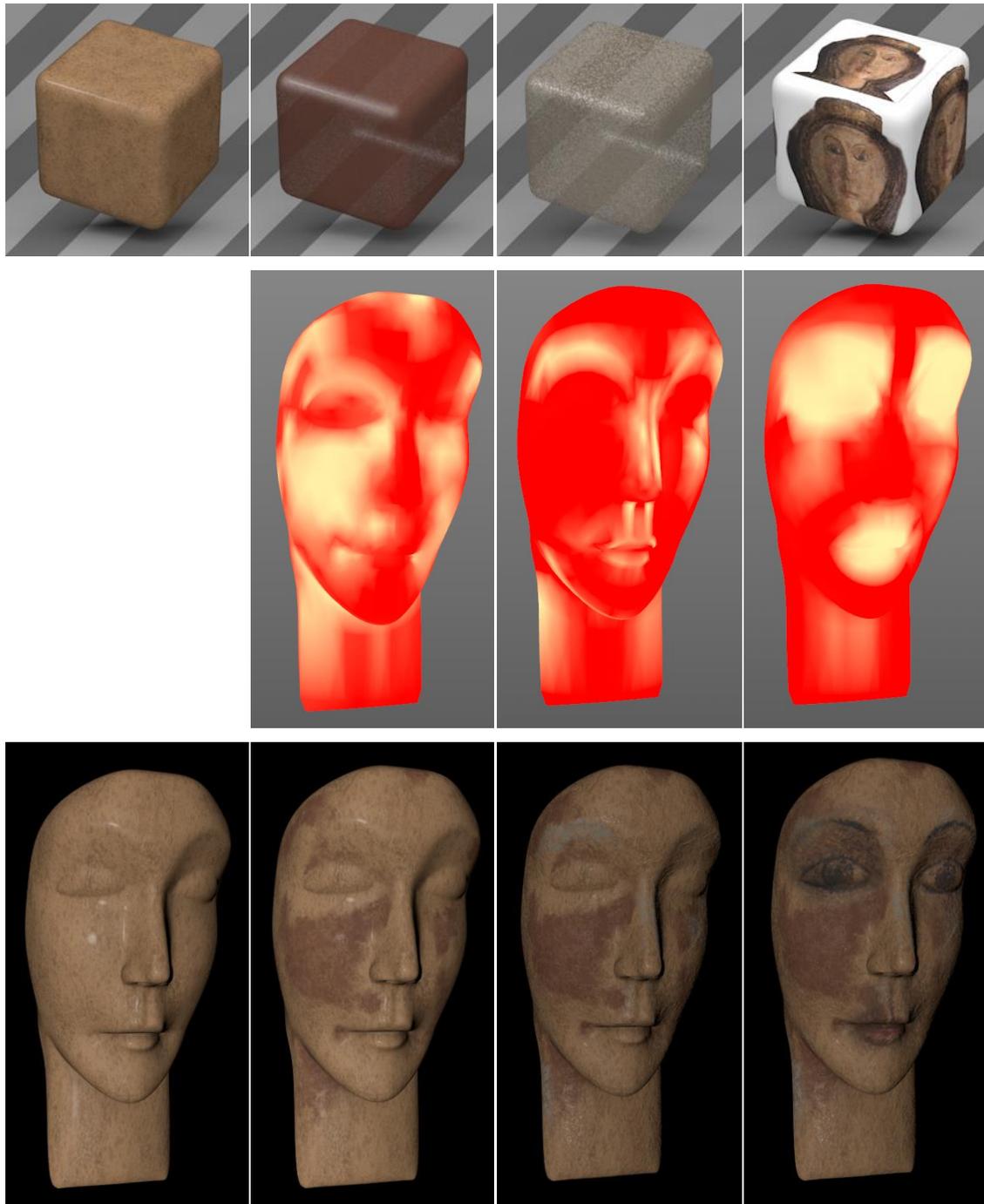
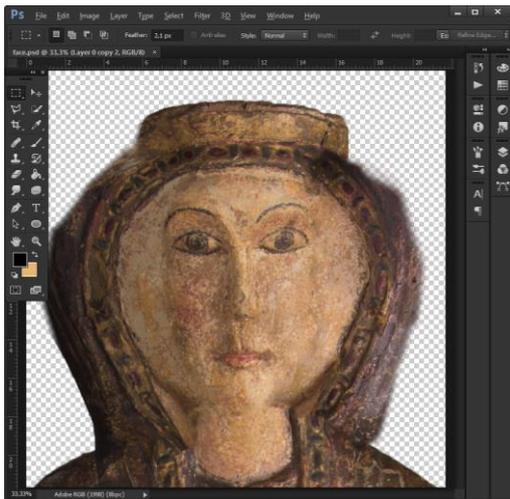


Figura 7-20. Configuración de los materiales de la cara empleando mapas de vértices

Para obtener los dibujos de la pieza en el modelo se opta por emplear *camera mapping* para proyectar las fotografías sobre diferentes zonas, con el objetivo de conseguir más realismo. Los pasos suponen: 1. Tratamiento de la fotografía 2. Configuración del material (adaptando el mapa para corresponder colores, saturación, etc. mediante el shader de *Filter*) 3. Empleo de *Vertex Map Tag* y canal *Alpha* para delimitar las zonas donde dibujar 4. Aplicación del material y adecuación mediante *camera mapping*.

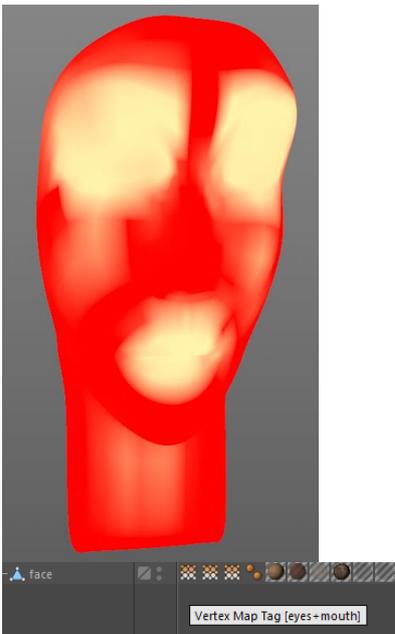
1



2



3



4

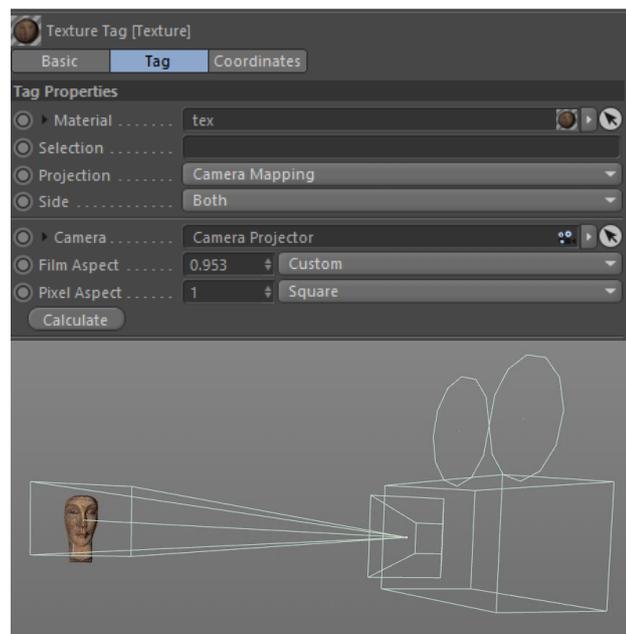


Figura 7-21. Pasos para la proyección de texturas mediante *camera mapping*.

7.4.3 ESCULTURA (VERSIÓN RESTAURADA)

Por último, la pieza en estado más restaurado se compone de diferentes materiales entre los que principalmente se varía el color. La forma de texturizado de esta figura supone, al igual que en la anterior, la separación por polígonos, a los que se aplicaron los diversos materiales, pero además se emplea el *Unwrap* del modelo para trabajar algunos detalles, como las caras y los dibujos.

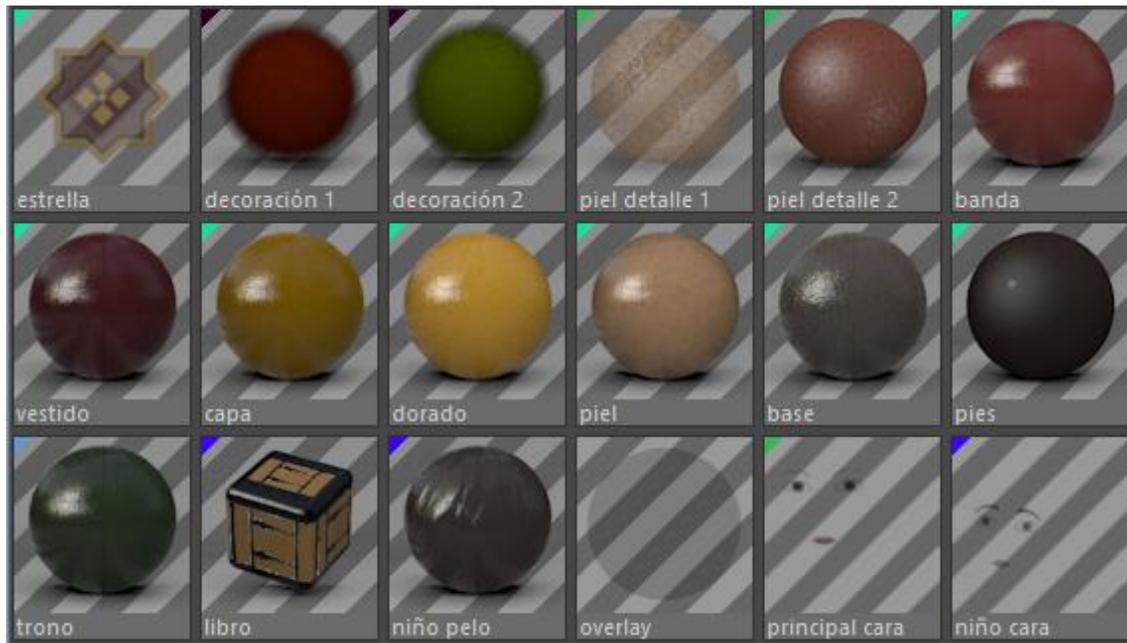
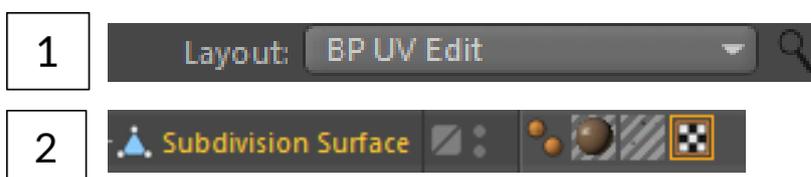
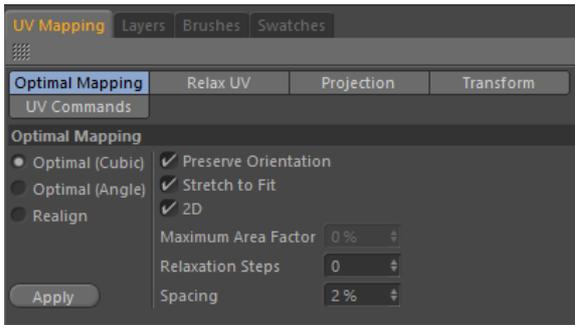


Figura 7-22. Librería de materiales empleados en el modelo más restaurado.

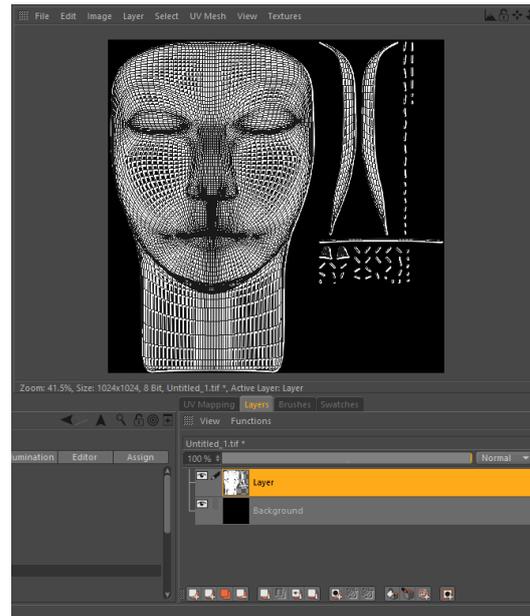
El proceso de *Unwrap* para la adición de detalles implica seguir una serie de pasos que se concretan en: 1. Cambio al espacio de trabajo *BP UV Edit* 2. Definir una proyección y generación de coordenadas *UVW* 3. Crear la textura empleando los diferentes métodos de *mapping* y opciones de *Relax UV* y demás comandos para la correcta adecuación del mapa 4. Preparar el archivo para la exportación disponiendo en capas el fondo y una en la que se describan los polígonos, que se toma como base para realizar el posterior texturizado 5. Mediante *Photoshop* (u otra herramienta de tratamiento de imágenes) crear la textura del modelo, en este caso, se opta por dibujar los detalles de la cara 6. Inclusión de la nueva textura en el modelo.



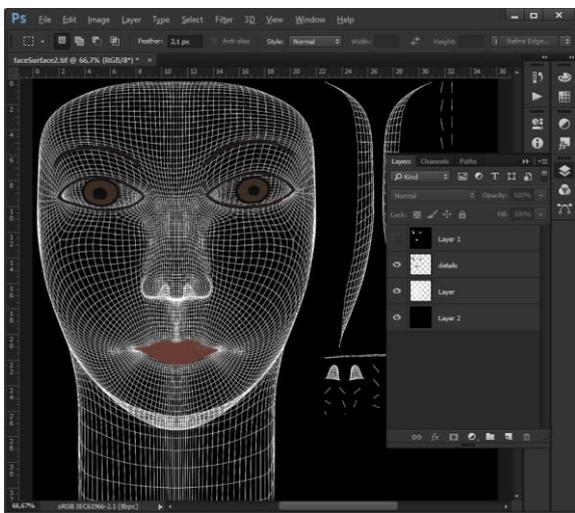
3



4



5



6



Figura 7-23. Pasos para la creación de texturas mediante Unwrap.

8.- ANIMACIÓN

La última fase de producción de este proyecto supone la finalización de la animación planificada en preproducción. Como se describe tanto en el Storyline como el Storyboard, la animación a crear se basa principalmente en diferentes movimientos de cámara y angulaciones. Y con el fin de mostrar los diferentes aspectos de la figura se deben cuidar los apartados de iluminación y ajustes de render.

8.1 Iluminación

Para abordar la iluminación se separan las escenas de interior y exterior ya que ambas presentan configuraciones diferentes. Por parte del exterior se emplea una luz de tipo Sky en forma de HDRi que servirá de iluminación de soporte. Una luz más direccional de tipo *Physical Sky* sirve de luz principal. Ésta se localiza lejana al objeto, y se aumenta el tamaño de la fuente con el fin de obtener sombras más difusas. Se coloca según la ubicación de la edificación en cuanto a coordenadas N-E.

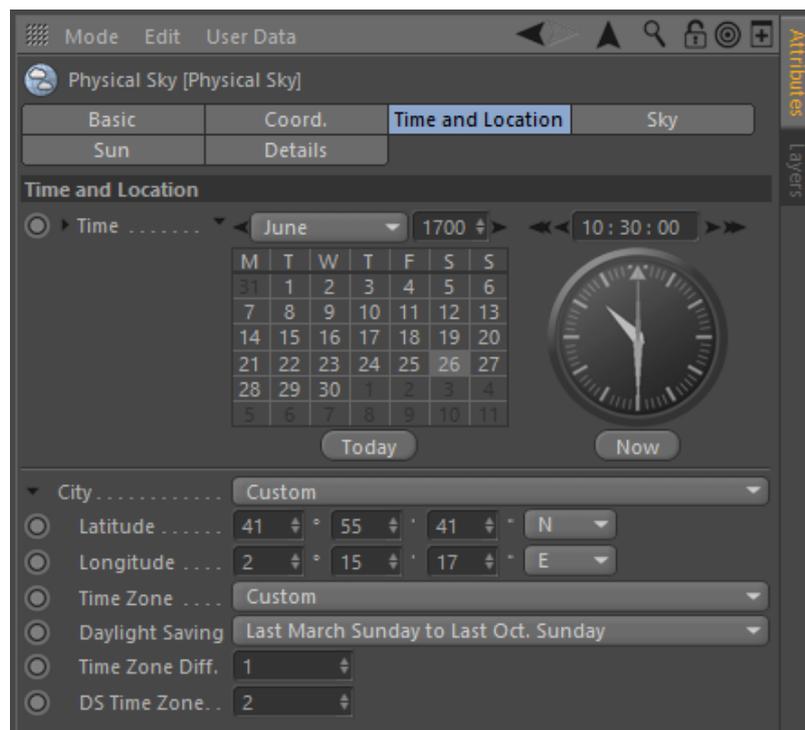


Figura 8-1. Configuración de *Physical Sky* para la iluminación de exterior.

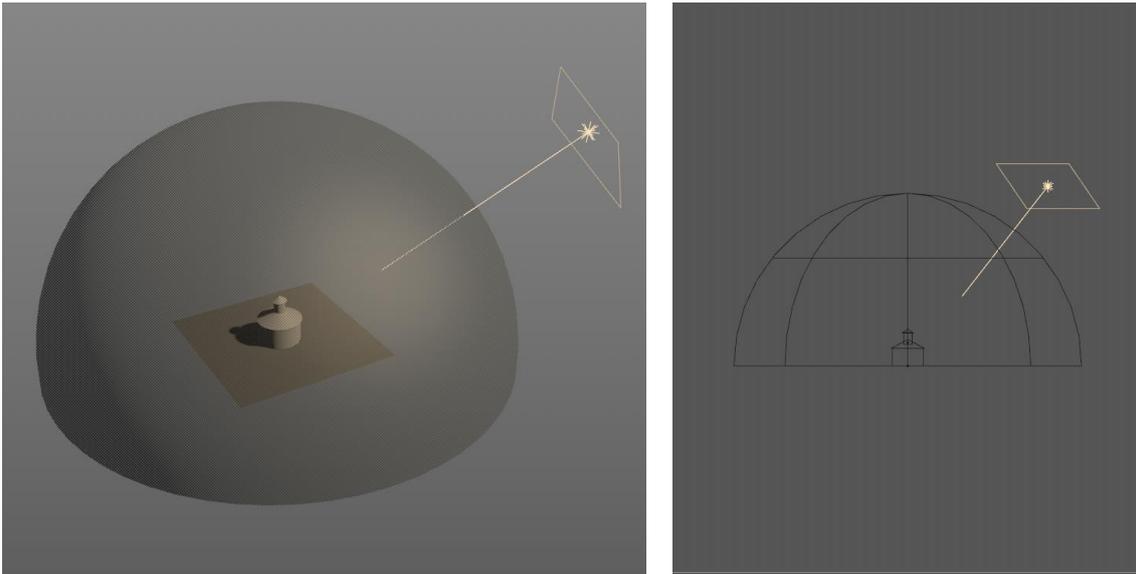


Figura 8-2. Esquema de luces en escenas de exterior.

En la zona interior se opta por disponer cuatro luces, dos de soporte, una lateral y otra cenital, una luz principal frontal y una de efecto en la parte posterior. Esta configuración se emplea en las tomas del modelo actual, sobre todo en los planos frontales. En los demás planos se emplea la misma configuración pero variando la posición de alguna luz, como la de efecto. Se opta en general por luces de tipo área, nuevamente, con el fin de presentar una iluminación difusa. La luz de efecto, sin embargo, se consigue con una tipo *spot*. En la siguiente figura se ilustra el esquema empleado en esta fase.

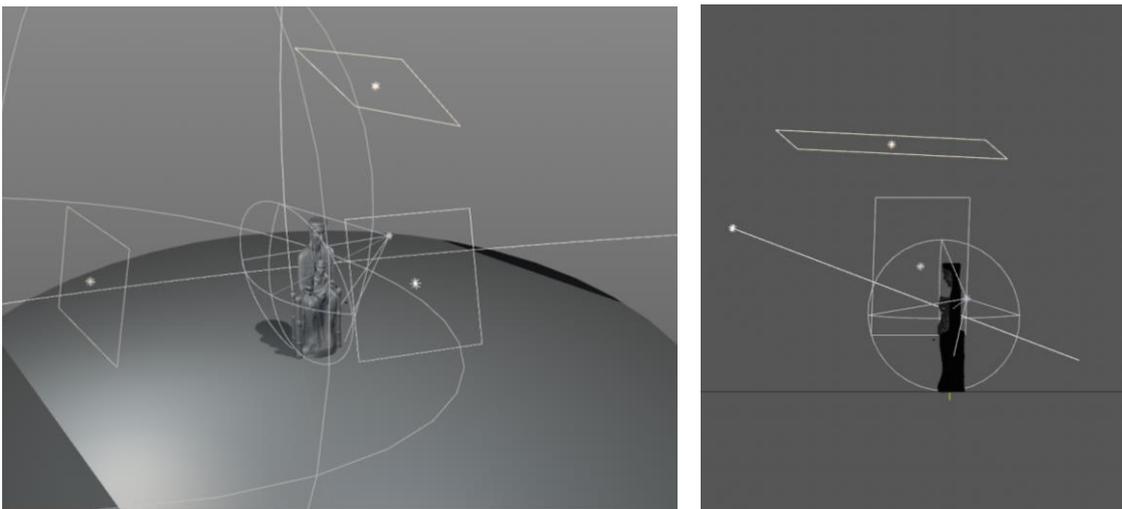


Figura 8-3. Esquema de luces en escenas de interior.

8.2 Preparación de escenas y cámaras

En esta fase se construyen las escenas a mostrar en la animación así como las configuraciones empleadas en las cámaras. La figura 8-1 muestra un esquema de forma generalizada de las opciones que se siguen en cuanto a los movimientos de cámara, de los cuales principalmente se emplea el travelling y cámara estática.

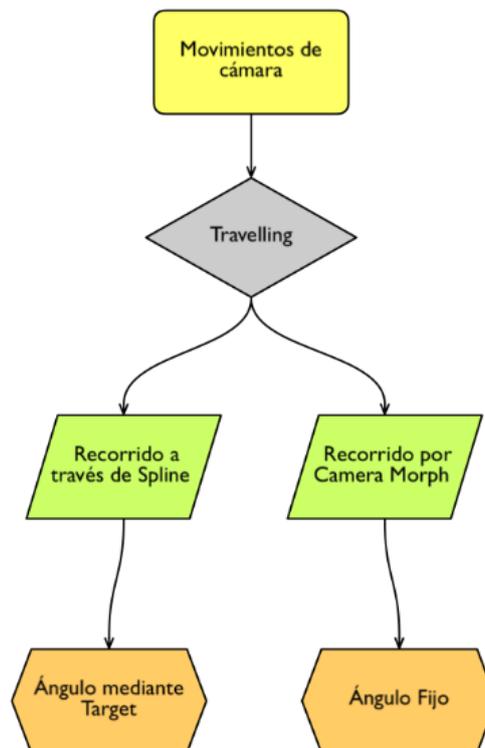


Figura 8-4. Esquema de las opciones sobre movimientos de cámara.

A continuación se describe en la figura 8-2 los diferentes ajustes según si las escenas son de exteriores o interiores. Se opta por esta configuración para presentar poca distorsión en cuanto a perspectiva, ya que se pretende ilustrar la pieza tal y como es. En los casos que se varía la distancia a menos (acentuando la perspectiva) se pretende mostrar profundidad y amplitud de espacio. Las diferentes aperturas logran variar la profundidad de campo, entendiendo una más pequeña cuando se enfoca la figura (buscando separarla del fondo) y una mayor al presentar todo el espacio.

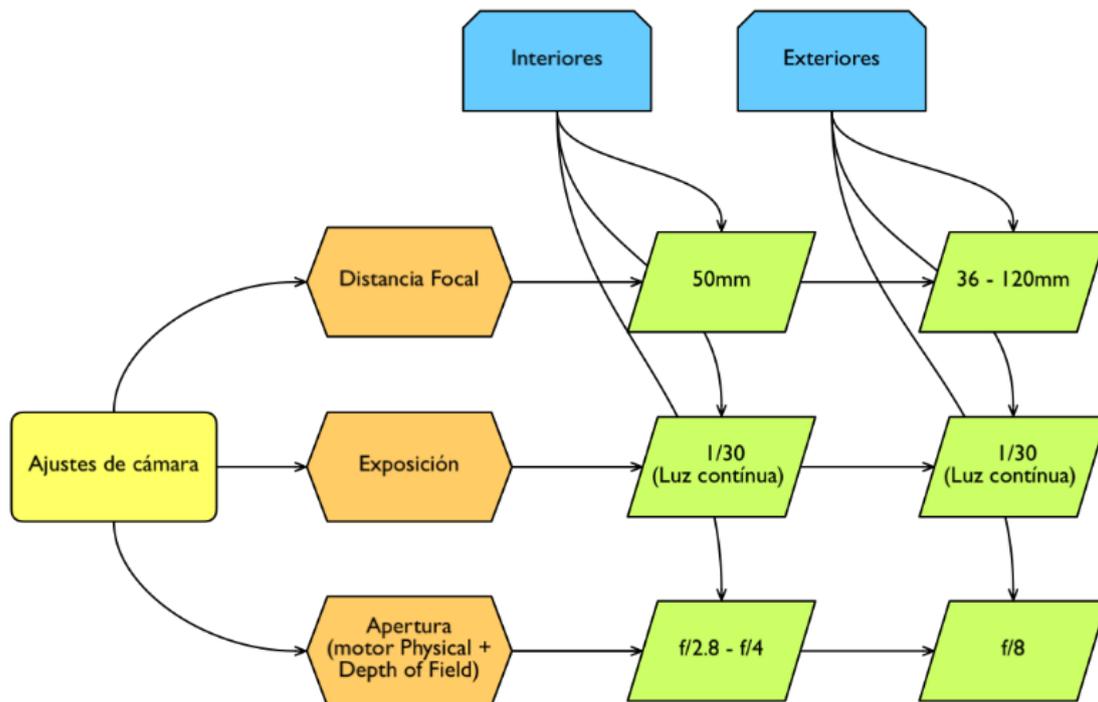


Figura 8-5. Esquema de los ajustes de cámara según las situaciones de las escenas

8.3 Render

Esta es una de las fases más críticas del proyecto, a la cual se llega una vez se tiene concretados todos los apartados anteriores. En este punto se deben haber realizado todas las pruebas y configurado los ajustes para la exportación final. Entre dichas pruebas se debe tener en cuenta: el peso y complejidad de los modelos, dado que no se trabaja con máquinas demasiado potentes como soportar un gran número de cálculos (algo que ya se previó desde la fase de modelado al abordar las diversas técnicas empleadas); la disposición de los modelos y el montaje de las escenas, realizando pruebas de distintas posiciones y ángulos de cámara. Otra de las cuestiones a cuidar es la composición en las tomas, cuidando leyes de tercios, el encuadre de objetos, etc. La iluminación también se ha de probar, realizando renders para vigilar que es la adecuada. Y por último, los ajustes del mismo motor. En este aspecto, se optó por diversas configuraciones pasando por el motor *Standard*, con o sin el empleo de iluminación global, pruebas con multipases, etc.

Finalmente se opta por una combinación de varias configuraciones, donde, nuevamente, se distingue entre las escenas de interior y exterior. En las primeras, se opta por prescindir de iluminación global, ya que sólo se pretende enfocar (en cuanto a iluminación se refiere) a la escultura modelada. Se emplea el motor *Physical*, gracias al

cual, entre otros (como el mejorado motor de raytracing *Embree faster*, que se ayuda de memoria RAM), se consigue un mejor y más controlado efecto de profundidad de campo. Sobre las demás escenas, sí se emplea la iluminación global, con el fin de “rellenar” los planos con luz y lograr mostrar la mayor cantidad de detalle de los modelos.

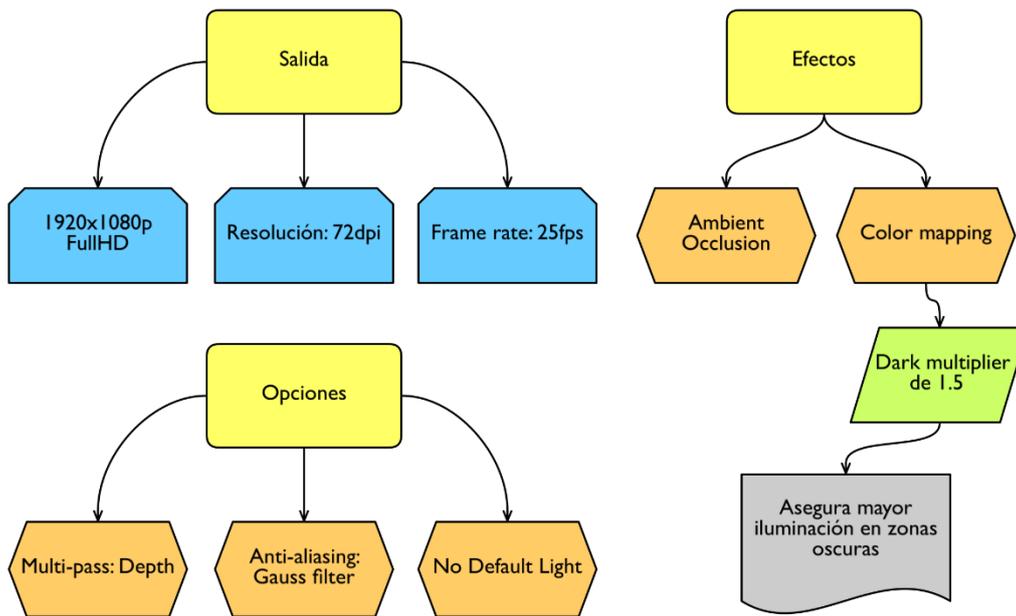


Figura 8-6. Esquema de los ajustes de render con motor *Physical*

La manera de trabajar el renderizado se basa en separar por archivos de .c4d las distintas escenas y sólo exportar mediante imágenes. Se escoge como formato el TIFF, ya que logra mantener un alto nivel de calidad. Esta secuencia de imágenes se importa entonces en un programa de postproducción para conformar el vídeo final.

9.- POSTPRODUCCIÓN

La última fase del proyecto supone el montaje de las secuencias de imágenes obtenidas del render de la animación. Esto implica además la edición y la inclusión de audio.

9.1 Montaje y composición

En este punto se emplean los programas de Adobe After Effects y Adobe Premiere, gracias a los cuales se soluciona esta fase dado el amplio abanico de opciones y posibilidades que proporcionan.

En la composición del vídeo, a través de la importación de imágenes del render, se busca que todas las escenas presenten una estética similar y se logre continuidad y consistencia. Por ello se opta por unas correcciones de luces y colores mediante curvas, además se añade grano a la secuencia, casi imperceptible, pero que ayuda en cuanto a consistencia y cohesión. También se inserta un efecto de viñeta con el mismo fin.

Otro de los aspectos que se tienen en cuenta es la adición de desenfocado de movimiento, que se consigue mediante el efecto que nos proporciona After Effects, *Pixel Motion Blur*. A pesar de no ser más realista que si se hubiese aplicado ya en el momento de renderizado, el efecto que logra es suficiente y válido para la animación que se persigue; además, no se presenta en la animación demasiado movimiento como para ser notable y supone un ahorro de tiempo de render considerable.

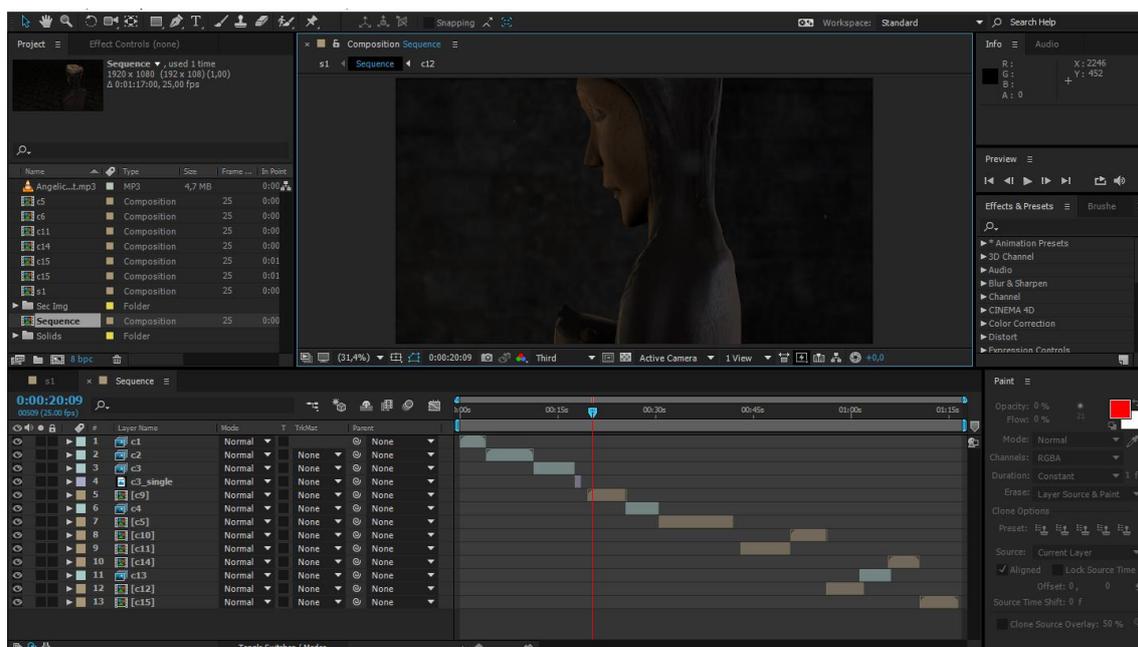


Figura 9-1. Composición y edición en After Effects.

En cuanto al montaje cabe resaltar el efecto que se emplea para mostrar la transición abstracta entre la escultura actual y la simulada. Éste se consigue mediante el empleo de máscaras y animando los puntos en la línea de tiempo, en fase de postproducción; y recreando las escenas con otro modelo, en cuanto a producción. Una vez concretadas las escenas o cámaras que muestran el paso entre esculturas, se renderiza un nuevo modelo creado mediante los deformadores de *Polygon Reduction*, para conseguir el efecto de *low poly*, y *Displacer*, en el que se incluye un *shader* de *Noise* animado para dotar de mayor viveza a la animación.

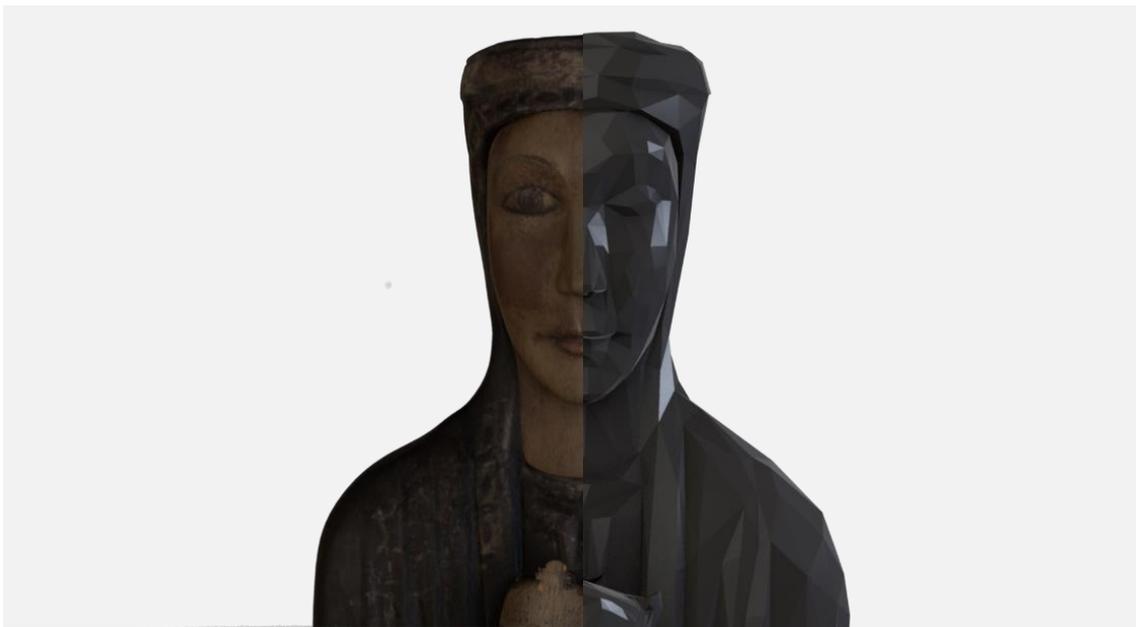


Figura 9-2. Efecto de transición. Nuevo modelo *low poly* con *Displacer* animado.

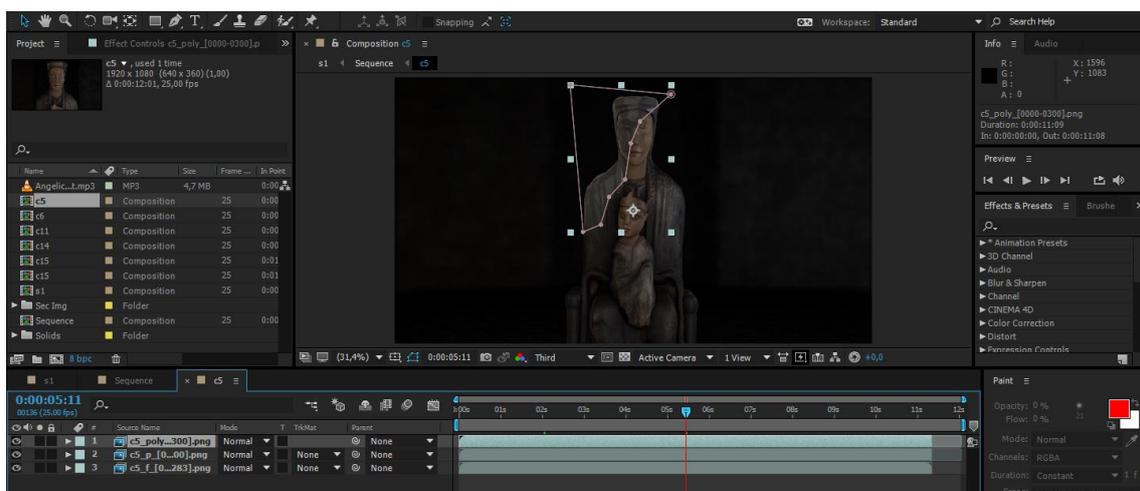


Figura 9-3. Efecto de transición. Trabajo con máscaras en After Effects.

9.2 Audio

Para esta animación se opta una composición de banda sonora únicamente, sin efectos de sonidos. No está por ello libre de dificultad, ya que dicha composición debe acompañar y complementar el vídeo.

Se escoge como audio los temas: *Angelic Forest*, *Enchanted Journey* (Kevin MacLeod). Éstos se encuentran accesibles y de forma gratuita desde el portal *Youtube Music Library*. Se emplean estos audios con la intención de acompañar de forma natural a las imágenes de la virgen y la iglesia. La inclusión se realiza a la par que se monta el vídeo, en el software de Adobe Premiere. Con el fin de complementar las imágenes se realizan algunos cortes de secciones de audio y se administra el volumen en el tiempo. También se recurre al efecto de *PitchShifter* con tal de equiparar las tonalidades de los audios.

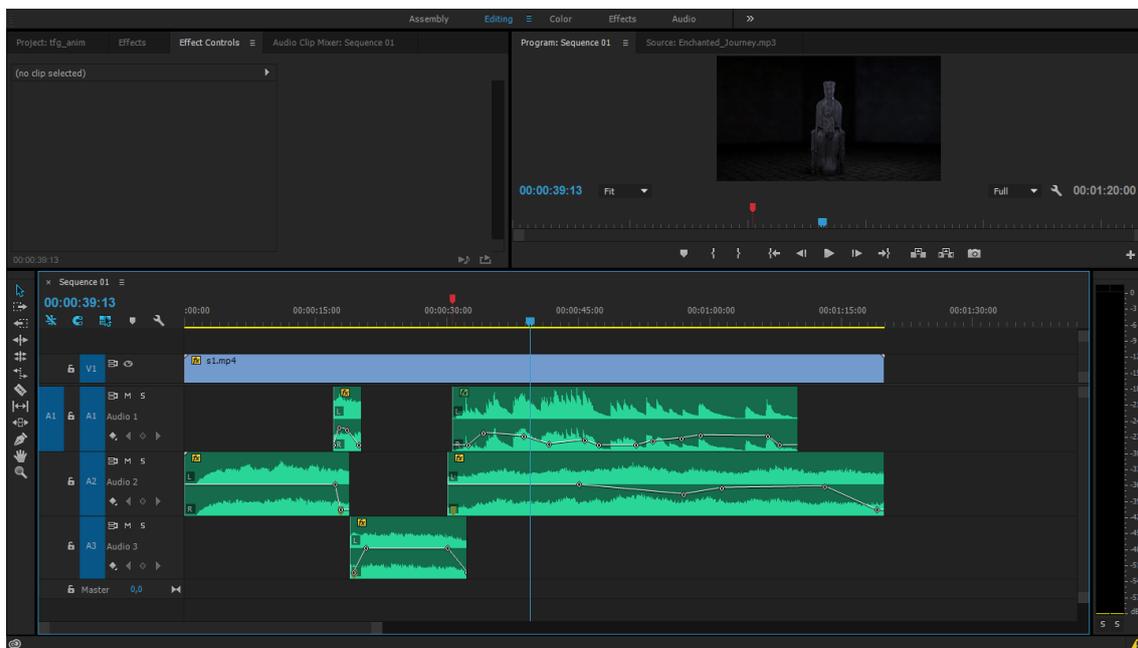


Figura 9-4. Edición del audio mediante Adobe Premiere.

10.- PLANIFICACIÓN DE RECURSOS Y PRESUPUESTO

Según las fuentes consultadas, la animación 3D usualmente se tasa por segundos, y se conviene con el cliente, en una o varias reuniones el resultado que persiguen. Entre otros, se ha de concretar la calidad final del proyecto, las fechas de términos de procesos y las opciones de seguimiento, si hay o no requisitos para el guion y descripciones y otros recursos que el cliente puede aportar para acatar mejor la animación. Asimismo, algunas empresas no comienzan el proyecto hasta que un porcentaje del presupuesto es percibido de antemano. También cabe añadir que este tipo de trabajos se suele dividir en fases de preproducción-producción-postproducción, las cuales en según qué casos pueden variar su peso en importancia, dependiendo, entre otros, de los factores comentados antes.

El trabajador autónomo en este mercado suele tarificar su trabajo por horas de dedicación, y los costes de la amortización del equipamiento informático y otras inversiones en material técnico especializado son también incluidos en la propuesta.

10.1 Gasto mensual

Servicios fiscales, contables, jurídicos	100€
Suministros: internet & telefonía, electricidad, agua	90€
Alquiler local	400€
Hosting web, Dominio	10€
Transporte (gastos de viajes, desplazamientos, billetes)	60€
Seguros (equipo, actividad)	80€
Otros gastos y personales	1000€

Amortización. Coeficiente de 26%. Periodo: mínimo 3 años – máximo 6 años.		
	Coste y valor anual	Gasto /mes
Sistema informático	2500€ (650€ anual)	54,17€
Cámara y accesorios	350€ (91€ anual)	7,58€
Total		61,75€

Gastos /mes	Gastos /tiempo de trabajo (2 meses)
1801,75€	3603,5€

10.2 Costes de producción de este proyecto

Fases	Precio/hora	Tiempo (320h)	Coste
Preproducción (Guion/Storyboard, referencias fotográficas)	8€/hora	10 días (80h)	640€
Producción (Modelado/Texturizado/Iluminación/Rigging, Animación/Render)	15€/hora	20 días (160h)	2400€
Postproducción (Montaje/Composición, Audio)	15€/hora	10 días (80h)	1200€
Costes			4240€

Coste por segundo de animación: 4240€ → 2 minutos → 0.58€/s

La siguiente página recoge un ejemplo de hoja de presupuesto que contempla la creación de este proyecto. Se trata de un modelo ficticio con el fin de demostrar los conocimientos adquiridos en esta sección.



PRESUPUESTO

Ronda Sant Antoni, 60, 1, 2
08001, Barcelona, Barcelona
934 56 78 90

PRESUPUESTO #101
03/03/2015

PARA:

Francesc Cases
Museu Episcopal de Vic
Plaça del Bisbe Oliba, 3
08500 Vic, Barcelona
938 86 93 60

POR:

Animación 3D de una escultura
P.O. # A24

DESCRIPCIÓN	TASA	HORAS	CANTIDAD
Preproducción Guion, Storyboard, Referencias fotográficas	8,00 €/h	80	640,00 €
Producción Modelado, Texturizado, Iluminación, Rigging, Animación, Render	15,00 €/h	160	2.400,00 €
Postproducción Montaje, Audio, Composición	15,00 €/h	80	1.200,00 €
Equipamiento Servicios informáticos, Equipo fotográfico	0,39 €/h	320	123,5 €
SUBTOTAL			4.363,5 €

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD
Transporte y desplazamiento	2 meses	34,7 €
Servicios de Hosting web (intercambio de archivos)	2 meses	75 €
Seguros de actividad y equipamiento	2 meses	150 €
Propiedad intelectual	1 modelo	30 €
SUBTOTAL		289,7 €

TOTAL

4.653,2 €

**Impuestos incluidos.*

11.- PLAN DE ACCIÓN DE MARKETING

11.1 Estrategia y objetivos

- Construir un sumario de reputación online
- Especialización y enfoque hacia puesto específico. Actualmente, modelador y animador 3D.
- Promoción de mi marca personal. Mi intención es alcanzar un mejor posicionamiento entre las empresas de este mercado de animación 3D, obteniendo más clientes y proyectos para reforzar mi marca.

11.2 Plan de acción

MARCA PERSONAL

Nicho: Museos y otras organizaciones que buscan dar visibilidad a sus recursos.

Mensaje: Ayudo a las organizaciones a proyectar mejor sus productos mediante animaciones 3D y vídeos promocionales, para que obtengan mayor visibilidad y amplíen su mercado.

Tagline: *Things brought to life*

CANALES DE DIFUSIÓN Y EXPOSICIÓN DE LA MARCA

- Implementación y adecuación de los perfiles de LinkedIn, Facebook, Google+.
- SlideShare y Adobe Spark para la promoción de making-of.
- Creación y adecuación de un portfolio de proyectos personales y profesionales, apoyándolo con redes sociales. Promoción de proyectos audiovisuales/gráficos mediante las redes de Behance y Vimeo/YouTube.
- Promoción de mi persona mediante encuentros en Meetup.

ESTABLECIMIENTO DE RETOS Y FECHAS LÍMITE

- Conseguir más de 100 visitas en Vimeo/YouTube para final de año
- Conseguir un proyecto de portada en Behance antes de dos meses
- Conseguir más de 20 seguidores en Google+ para final de año
- Aumentar el número de visitas a la web/portfolio en 100 para final de año
- Mejorar la visibilidad de la web y ocupar mejor posicionamiento en Google

1.- ELEVATOR PITCH

WOW

Sabían que muchas de las antiguas esculturas griegas y romanas que ahora sólo vemos labradas en mármol blanco, estaban originalmente coloreadas.

WHAT?

Si no dedicamos un tiempo a indagar en el contexto de algunas obras difícilmente descubriríamos datos interesantes como el anterior. El problema es que el tiempo es cada vez un factor más determinante en nuestras vidas, y la cantidad de distracciones que nos rodea hace más difícil destacar este tipo de obras.

HOW?

¿Y si creamos una animación de estas esculturas revelando su estado original?

WHY?

Qué mejor manera para transmitir historias y relatos sobre monumentos que de forma audiovisual. Nos llega antes, lo comprendemos mejor y resulta más atractivo.

WHO?

Hola, mi nombre es Daniel y estoy acabando mi carrera en Multimedia. He tenido experiencia con la digitalización por escáneres 3D y poseo amplios conocimientos en animación. Mi intención es combinar la precisión de uno con la capacidad narrativa del otro para crear composiciones más atractivas al público.

CALL TO ACTION

Despierte el interés de sus obras incluyendo animaciones 3D.

12.- CONCLUSIONES

Sin duda este proyecto ha supuesto un reto en la mayoría de las tareas de las distintas fases que lo componen. Una vez completado se entiende la magnitud del trabajo y esfuerzo que este tipo de elaboraciones puede demandar. No sólo ha servido para poner en práctica las habilidades ya conocidas sino para aprender y desarrollar nuevos conocimientos y métodos dentro del amplio campo del 3D. Entre otros, las técnicas de fotografía, modelado y texturizado se han abordado en este estudio de una forma más avanzada y con aplicaciones en el mundo real. También se ha logrado realizar una tarea de planificación más compleja y que requirió, en algún punto del desarrollo, que se realizaran cambios, a los cuales también se supo responder. En resumen este proyecto ha aportado una visión más completa de las distintas fases que lo componen, las cuales se han intentado tratar con la mayor profesionalidad posible con el fin de obtener un resultado que logre ayudar, de una manera u otra, en el mundo laboral.

A pesar de lo comentado antes, siempre hay cabida para mejoras y este trabajo no está exento de ellas. Debido a la falta de tiempo mayoritariamente, la animación perseguida pudo haberse confeccionado de otro modo, siguiendo un guion más elaborado. En un punto del proyecto se elaboró un storyboard que cumplía lo antes mencionado, sin embargo, debido a ajustes de planificación no fue posible aplicarlo. Cabe mencionar también, que, de disponer de mejor equipamiento informático (y nuevamente, tiempo) también hubiera sido posible la creación de modelos con un grado superior de detalle, aunque se comprende la teoría y las técnicas avanzadas.

También cabe comentar que otro de los objetivos que se entiende superado es el de proveer una solución válida a las opciones ya presentes como lo son el escáner 3D y la fotogrametría. Éstos, a pesar de lograr unos resultados increíblemente fieles, hubiesen requerido una inversión monetaria que, ni se había planteado, ni se pretendía presentar. Por último se logró concretar en los apartados de marketing y presupuesto la presencia y viabilidad del proyecto, de forma ficticia pero realizables.

13.- ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1.</i> Escultura a animar: Marededéu de la Rodona de Vic.....	5
<i>Figura 4-1.</i> Ejemplo de las vistas ortogonales a emplear de un objeto.	9
<i>Figura 4-2.</i> Comparación entre vista paralela (12° de FoV, izq.) y perspectiva (63° de FoV, der.). ..	9
<i>Figura 4-3.</i> Ejemplo del empleo de planos de referencia para el modelado 3D.	10
<i>Figura 4-4.</i> Ejemplo de proyección 3D para la creación de entornos realistas.....	11
<i>Figura 4-5.</i> Camera mapping en la creación de texturas para un modelo 3D.....	12
<i>Figura 4-6.</i> Flujo de trabajo en el escaneado 3D.....	13
<i>Figura 4-7.</i> Ejemplo de disposición de cámaras para la realización de fotogrametría compleja.....	17
<i>Figura 6-1.</i> Esquema de <i>Gantt</i> para la planificación inicial del proyecto.	24
<i>Figura 6-2.</i> Detalle del listado de tareas en <i>Trello</i>	24
<i>Figura 6-3.</i> Nuevo esquema de <i>Gantt</i> para la planificación del proyecto.	25
<i>Figura 6-4.</i> Listado del material empleado para fotografías.....	31
<i>Figura 6-5.</i> Listado del material adicional.	32
<i>Figura 6-6.</i> Esquema de la organización del material en el espacio para la obtención de vistas. ...	33
<i>Figura 6-7.</i> Medidas. Altura: 73,7cm. Anchura: 27,4cm. Profundidad: 15,6cm. Tanto en la base como en las demás vistas se dispuso la cinta métrica para realizar correcciones de alineación....	34
<i>Figura 6-8.</i> Producción de las fotos.	35
<i>Figura 6-9.</i> Fotografías de las vistas de la figura.	36
<i>Figura 6-10.</i> Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de coronas y pies.	36
<i>Figura 6-11.</i> Detalles de la escultura: caras, vestimenta, coronas, texturas y dibujos.....	37
<i>Figura 6-12.</i> Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de manos, niño y ornamentos.	37
<i>Figura 6-13.</i> Fotos de referencia de esculturas similares. Detalles de manos y trono.	38
<i>Figura 7-1.</i> Ajuste y alineado de vistas.....	40
<i>Figura 7-2.</i> Montaje de vistas sobre planos.	41
<i>Figura 7-3.</i> Montaje de vistas sobre el fondo de los visores.	41
<i>Figura 7-4.</i> Evolución del modelado de la cabeza mediante <i>box modeling</i>	42
<i>Figura 7-5.</i> Ejemplo del empleo de <i>edge modeling</i> en la construcción del vestido.	43
<i>Figura 7-6.</i> Evolución del modelado de la mano izquierda de la figura principal.	43
<i>Figura 7-7.</i> Modelo simétrico de la construcción restaurada.	44
<i>Figura 7-8.</i> Proceso de <i>sculpting</i> para los detalles en el vestido, desde nivel 0 al 4 de subdivisiones.	45
<i>Figura 7-9.</i> Incorrecta aplicación de mapa de normales en piezas con pocos niveles de subdivisión.	46

<i>Figura 7-10.</i> Comparación del número de polígonos del modelo del vestido, entre malla de nivel 4 de subdivisión (662912 polígonos) y malla reducida (26516 polígonos).....	47
<i>Figura 7-11.</i> Diferentes iteraciones de subdivisiones en la malla.....	48
<i>Figura 7-12.</i> Modelo base para la iglesia (izq.) y modelo construido para este proyecto (der.).....	49
<i>Figura 7-13.</i> Ejemplo de referentes para el modelo de la iglesia.....	50
<i>Figura 7-14.</i> Modelado de una teja y empleo del <i>Cloner</i> para su iteración.....	50
<i>Figura 7-15.</i> Confección del tejado mediante <i>Arrays</i> , <i>Cloners</i> y <i>Symmetry</i>	51
<i>Figura 7-16.</i> Elementos añadidos al modelo de la iglesia.....	51
<i>Figura 7-17.</i> Materiales empleados en el entorno: tejas (arriba, izq.), bloques (arriba, der.), suelo (abajo, izq.), roca (abajo, der.).....	52
<i>Figura 7-18.</i> Materiales para emular madera deteriorada oscura (izq.) y clara (der.).....	53
<i>Figura 7-19.</i> Configuración de los materiales de la piel (izq.) y <i>overlay</i> de deterioro (der.).....	53
<i>Figura 7-20.</i> Configuración de los materiales de la cara empleando mapas de vértices.....	54
<i>Figura 7-21.</i> Pasos para la proyección de texturas mediante <i>camera mapping</i>	55
<i>Figura 7-22.</i> Librería de materiales empleados en el modelo más restaurado.....	56
<i>Figura 7-23.</i> Pasos para la creación de texturas mediante <i>Unwrap</i>	57
<i>Figura 8-1.</i> Configuración de <i>Physical Sky</i> para la iluminación de exterior.....	59
<i>Figura 8-2.</i> Esquema de luces en escenas de exterior.....	60
<i>Figura 8-3.</i> Esquema de luces en escenas de interior.....	60
<i>Figura 8-4.</i> Esquema de las opciones sobre movimientos de cámara.....	61
<i>Figura 8-5.</i> Esquema de los ajustes de cámara según las situaciones de las escenas.....	62
<i>Figura 8-6.</i> Esquema de los ajustes de render con motor <i>Physical</i>	63
<i>Figura 9-1.</i> Edición del audio mediante Adobe Premiere.....	67
<i>Figura 9-2.</i> Composición y edición en After Effects.....	65
<i>Figura 9-3.</i> Efecto de transición. Nuevo modelo <i>low poly</i> con <i>Displacer</i> animado.....	66
<i>Figura 9-4.</i> Efecto de transición. Trabajo con máscaras en After Effects.....	66

14.- BIBLIOGRAFÍA

ESCULTURA

Marededéu de la Rodona de Vic, web del Museu Episcopal de Vic. [Online] [Accedido: 18 diciembre 2015] Disponible:

http://www.museuepiscopalvic.com/coleccions_more.asp?id=134&s=3&r

Información sobre la escultura. Google Cultural Institute. [Online] [Accedido: 18 diciembre 2015] Disponible: <https://www.google.com/culturalinstitute/asset-viewer/virgen-de-la-rodona-de-vic/cwHnSfmi7a-Rw?hl=es>

Dossier informativo. Cirera, Assumpta. Comas, Carme. Museu Episcopal de Vic. “El món medieval en les col·leccions de romànic i de gòtic”. [Online] [Accedido: 20 diciembre 2015] Disponible:

<http://www.museuepiscopalvic.com/content/educacio/profe/Secund%C3%A0ria.%20Suggeriments%20a%20l'aula.%20La%20cultura%20medieval%20en%20les%20col%C2%B7leccions.pdf>

MODELADO POR VISTAS

Bekerman, Ronen. “Making of The Museum 60’s Car Show by Jamie Holmes”. 2013.

[Online] [Accedido: 15-Feb-2016] Disponible: <http://www.ronenbekerman.com/making-of-the-museum-60-car-show-by-jamie-holmes/>

CAMERA MAPPING

Boos, Markus. “Multi-Projection plugin”. Project Gemini. [Online] [Accedido: 2-03-2016]

Disponible: <http://www.projectgemini.net/CameraMapGemini/>

Docherty, Paul S. “3D Modeling the Bust of Queen Nefertiti”. 2015. [Online] [Accedido: 2-03-2016] Disponible: <http://www.amarna3d.com/project/3d-modelling-bust-nefertiti/>

ESCÁNER 3D

Artículo. García, R. "El escáner 3D se comercializará a bajo precio y el usuario lo utilizará con fines domésticos," *ZoomNews*, 2013. [Online] [Accedido: 18-Feb-2016] Disponible: <http://www.zoomnews.es/actualidad/tecnologia-y-ciencia/escaner-3d-se-comercializara-precio-y-usuario-lo-utilizara-fines-dom>

Escaneo mediante luz blanca estructurada. *Factum Arte*. [Online] [Accedido: 18-Feb-2016] Disponible: <http://www.factum-arte.com/pag/244/-p-Escaneado-de-luz-blanca--p->

FOTOGRAMETRÍA

Artículo. Rodríguez, P. "*La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3d activos*". [Online] [Accedido: 26-Feb-2016] Disponible: <http://hdl.handle.net/10251/27416>

Artículo. Lerma, J. L. Cabrelles, M. Navarro, S. Seguí, A. E. "*Modelado fotorrealístico 3D a partir de procesos fotogramétricos: láser escáner versus imagen digital*". [Online] [Accedido: 26-Feb-2016] Disponible: http://www.cuadernosdearterupestre.es/servlet/s.SI?navegacion=n&sit=&r=ReP-29524-DETALLE_REPORTAJESABUELO

Infografía sobre el funcionamiento de *Photomodeler*. [Online] [Accedido: 20-Ene-2016] Disponible: <http://www.photomodeler.com/products/how-it-works.html>

PRODUCCIÓN

Monedero Isoma, Javier. "*Simulación visual de materiales: teoría, técnicas, análisis de casos*". 2015. Iniciativa Digital Politèncica. ISBN 9788498805642. [Online] [Accedido: 26-Feb-2016] Disponible: <http://hdl.handle.net/2117/82368>

Monedero Isoma, Javier. "*Simulación visual de la iluminación: teoría, técnicas, análisis de casos*". 2015. Iniciativa Digital Politèncica. ISBN 9788498805451. [Online] [Accedido: 26-Feb-2016] Disponible: <http://hdl.handle.net/2117/80463>

Artículo. Southern, Glen. “*Tips and tricks for organic modelling*”. 2012. [Online] [Accedido: 26-Feb-2016] Disponible:

<http://www.creativeblog.com/tips-and-tricks-organic-modelling-7123070>

PRESUPUESTO

Farr, Sara. “*The Cost of Computer Animation*”. [Online] [Accedido: 2-03-2016] Disponible:

<http://www.austincc.edu/sfarr/animation-costs.html>

“*Animation on a budget*”. Pixelbox. 2015. [Online] [Accedido: 2-03-2016] Disponible:

<http://www.austincc.edu/sfarr/animation-costs.html>

“*Presupuestos, sistemas de Pago y políticas de empresa*”. Pixel Dreams. FAQ.

[Online] [Accedido: 2-03-2016] Disponible:

<http://www.pixeldreams.info/faq/19/presupuestos-sistemas-de-pago>

Martínez, Moisés. “*¿Cuánto debe facturar un autónomo para ganar como un asalariado?*”.

2015. [Online] [Accedido: 2-03-2016] Disponible: [https://blog.cuentica.com/cuanto-](https://blog.cuentica.com/cuanto-debe-facturar-autonomo-para-ganar-como-asalariado/)

[debe-facturar-autonomo-para-ganar-como-asalariado/](https://blog.cuentica.com/cuanto-debe-facturar-autonomo-para-ganar-como-asalariado/)

CITAS

PAG. 12. Cita extraída de la web de la empresa “*Hexagon*”. Hexagon Metrology. [Online]

[Accedido: 2-Feb-2016] Disponible: [http://www.hexagonmetrology.es/Sistemas-](http://www.hexagonmetrology.es/Sistemas-Escaner-Luz-Blanca_114.htm)

[Escaner-Luz-Blanca_114.htm](http://www.hexagonmetrology.es/Sistemas-Escaner-Luz-Blanca_114.htm)

PAG. 15. Cita extraída de la web de Factum-Arte sobre el método de la Fotogrametría.

“*Fotogrametría de alta resolución. Líbano: Proyecto Nahr El Kalb*”. [Online] [Accedido: 18-

Feb-2016] Disponible: [http://www.factum-arte.com/pag/690/Fotogrametria-de-alta-](http://www.factum-arte.com/pag/690/Fotogrametria-de-alta-resolucion--br---i-Libano--proyecto-Nahr-El-Kalb--i-)

[resolucion--br---i-Libano--proyecto-Nahr-El-Kalb--i-](http://www.factum-arte.com/pag/690/Fotogrametria-de-alta-resolucion--br---i-Libano--proyecto-Nahr-El-Kalb--i-)

