Opción
ISSN: 1012-1587
opcion@apolo.ciens.luz.ve
Universidad del Zulia
Venezuela

Sánchez, Gonzalo Martín
Personajes y entornos virtuales orientados a la gamificación museal
Opción, vol. 31, núm. 3, 2015, pp. 767-782
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31045567040

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

UNIVERSIDAD DEL ZULIA
Serbiluz
Sistema de Servicios Bibliotecarios y de Información
Biblioteca Digital
Repositorio Académico

Opción, Año 31, No. Especial 3 (2015): 767 - 782
ISSN 1012-1587

Personajes y entornos virtuales orientados a la gamificación museal

Gonzalo Martín Sánchez

Universidad Antonio de Nebrija de Madrid, España.
gmartin@nebrija.es

Resumen

La investigación llevada a cabo para plasmar de la forma más fiable los contenidos históricos representados en objetos tridimensionales dentro de un juego interactivo, se ha obtenido como resultado el desarrollo del proceso de trabajo con piezas escaneadas en tres dimensiones para su posterior divulgación en visores 3d. Este juego inmersivo se ha desarrollado en el Museo de América de Madrid dentro de la investigación I+D+i Conocimiento aumentado y accesibilidad: la representación museográfica de contenidos culturales complejos. Investigación llevada a cabo por el Grupo Museum I+D+C de la Universidad Complutense de Madrid.

Palabras clave: 3D, gamificación, museografía, patrimonio cultural, videojuegos, MeshLab.

Characters and Virtual Environments Gamification Oriented Museum

Abstract

The research conducted to capture the most reliable historical content represented in three-dimensional objects in an interactive game, has been obtained as a result of process development work with parts scanned in three dimensions for dissemination 3D viewers. This immersive game has evolved in the Museum of America in Madrid in research

Recibido: 30-09-2015 • Aceptado: 30-10-2015

R & D increased awareness and accessibility: the museum complex representation of cultural content. Research conducted by the Museum I + D + C Group of the Complutense University of Madrid.

Keywords: 3D, gamification, museography, cultural heritage, video games, MeshLab.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los objetos, personajes y entornos gráficos tridimensionales destinados a la elaboración de un videojuego para un museo, apenas se diferencia del mismo proceso cuando éste se dirige o focaliza al mundo del ocio. Un proceso técnico y artístico que consiste en reproducir objetos, idealizar personajes y entornos… cuya finalidad es la de crear un entorno visual donde jugar. Ahora bien, este proceso de trabajo permite desarrollar a su vez técnicas aplicables a museología más allá del apartado lúdico, en este caso, técnicas de registro de objetos en modelos tridimensionales.

Durante el proceso investigador del desarrollo de la parte gráfica tridimensional del prototipo de juego inmersivo desarrollado para la difusión del mundo de los indios Tlingit en el Museo de América de Madrid (dentro de la investigación mencionada en el resumen anterior). Se ha profundizado en el conocimiento y manejo de una herramienta fundamental para el desarrollo de modelos 3D de objetos arqueológicos y monumentos. No es una novedad la elaboración de catálogos virtuales de objetos, pero quizá el interés por esta técnica se ha ampliado por la deriva del conflicto actual en Siria e Irak, donde al desastre humano se une el proceso de eliminación de vestigios arqueológicos. Esto ha llevado al impulso del Proyecto Mosul (projectmosul.org) que, como señala en su web" is a volunteer initiative to create virtual models of recently destroyed cultural heritage in Iraq, as seen in the video of the violence at the Mosul Museum circulated in February 2015".

Por lo tanto, esta texto se presenta como un resumen del proceso de elaboración de los modelos tridimensionales para la elaboración de un juego didáctico que tiene que ser fiel a la realidad, se basa en objetos reales: nos expuestos en el museo y otros basados en fotografías. De esta forma, la técnica desarrollada, puede extrapolarse a la elaboración de catálogos virtuales con fines museísticos. Pero antes de ver de qué forma se puede aprovechar esta técnica, conviene hablar brevemente de dicho juego.

En realidad, se trata de un prototipo de juego inmersivo recrea de forma virtual el universo del pueblo amerindio Tlingit, pueblo que habita en el sur de Alaska. El proceso de recreación a ofrecido tres vías de investigación: La primera ha sido el estudio, a partir de fotografías, grabados y la lectura de descripciones, de los rasgos faciales y corporales de los indios Tlingit, para poder modelar un avatar que será el protagonista de este juego. En la segunda, también se ha modelado objetos a partir del visionado de piezas expuestas en museos y, finalmente, en la tercera se ha trabajado con modelos escaneados tridimensionalmente.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Hoy en día, y tal vez propiciado más por su uso en exposiciones y eventos que por propia iniciativa de los museos, la tecnología se ha convertido en uno de los principales aliados de la museografía. Dado que los museos son lugares en los que se acude a observar o, como señala la primera acepción de la definición de la Real Academia Española: "Lugar en que se guardan colecciones de objetos artísticos, científicos o de otro tipo, y en general de valor cultural, convenientemente colocados para que sean examinados", la tecnología de la que más se beneficia el museo es la que se basa en el uso de imágenes de síntesis. Es decir, aquella que permite construir realidad virtual, realidad aumentada y videojuegos. "Tres procesos audiovisuales que permiten interactuar con las imágenes que se muestran y que a día de hoy se usan para fomentar la difusión de conocimiento científico, monumentos y objetos arqueológicos. De esta forma, una herramienta tecnológica que relacionamos con el mundo del entretenimiento, se convierte en un excelente medio de hacer accesible el museo, pues se ofrece al visitante que explore espacios, observe e interactúe con réplicas virtuales de piezas" (Prakash y Rao, 2015:73) e incluso, como es el caso del proyecto del Museo de América, que se convierta en un personaje de otro lugar y otra época.

Esta bienvenida de la idea de juego como medio de difusión cultural ha originado el término *gamification*, anglicismo españolizado como gamificación. Dicho vocablo se ha erigido como el término para hacer referencia al uso de estas tecnologías, tanto en su aplicación para museos, como en su uso para enseñanza, comunicación corporativa... convirtiéndose en una palabra más que añadir a la lista de anglicismos que a menudo carecen de significado en conversaciones profesionales y que

pierden su sentido por convertirse en un elemento decorativo de frases carentes de importancia o significado, que buscan eso, adornarse para mostrarse sugerentes o importantes.

Pero no es este texto lugar para hablar profundamente sobre el término gamificación, tampoco para hablar sobre en el uso de las nuevas tecnologías para los museos. Este texto centra en la elaboración de la parte gráfica de una de estas instalaciones interactivas. Una parte gráfica que se traduce en imágenes generadas a partir de síntesis de puntos, vectores, planos y fotografías tratados en un espacio tridimensional. Se elaboran modelos tridimensionales que el usuario o espectador podrá observar desde todos los puntos de vista, su avatar podrá usarlos para averiguar su función y que nunca se deteriorarán por el paso del tiempo y por su uso.

3. METODOLOGÍA

El modelado tridimensional de objetos requiere conocimientos técnicos avanzados a la hora de buscar resultados óptimos, pues hay que estar familiarizados con los entornos que presentan los programas de creación de imagen de síntesis tridimensional. Esto quiere decir que, para elaborar un modelo de la nada, se parte de figuras primitivas, "objetos geométricos estándar y regulares como cajas, esferas o cilindros que posteriormente se modifican para conseguir el efecto deseado" (Mediactive, 2007: 127), o de curvas que se trazan y a las que se les aplica unos determinados parámetros para que generen una superficie. Para ilustrarlo, se podría entender el modelado tridimensional con el viejo arte de la alfarería, sólo que trabajado de forma digital. Se parte de una masa informe de arcilla, se moldea una forma base y se va añadiendo y restando partes para conseguir el modelo final a la que se le añaden detalles, después se introduce en el horno (lo que en 3D podríamos entender como el proceso de "Render") y ¡Listo! Un objeto nuevo. La pericia, paciencia y, sobre todo, el tiempo que requiera el cliente, harán que la pieza de alfarería tenga un acabado mejor o peor.

Con el 3d ocurre lo mismo. Para poder generar modelos tridimensionales de objetos, se requiere conocimientos, paciencia y tiempo. Sin embargo, a la hora de aplicar 3D para museos se puede hablar de la aparición de una técnica comparable a la fotografía y al cinematógrafo en el siglo XIX. Una técnica muy desconocida, pero que acerca el mundo tridimensional a aquellos nunca ha manejado herramientas de diseño 3D

pueda lograr visualizaciones de objetos existentes en 3D. Se ha conseguido que podamos registrar el volumen de los objetos.

Ahora bien, ¿por qué se habla del registro de volúmenes en una comunicación sobre gamificación museal? La respuesta se encuentra en que, gracias a la participación en el proyecto de juego inmersivo para el Museo de América, he encontrado un medio para trabajar con imágenes tridimensionales generadas a partir del escaneado tridimensional y adaptarlas para su difusión.

A la hora de elaborar el entorno virtual, he tenido que enfrentarme a la elaboración de tres tipos de objetos tridimensionales (Figura 1): 1- los realizados a partir de fotografías, 2-la construcción de un avatar humano de forma idealizada y 3-la elaboración de objetos 3d a partir del escaneado de objetos reales. El tercero de estos procesos de trabajo ha resultado ser el más interesante a pesar de que a priori pueda parecer el más sencillo, ya que se trabajaba el modelo tridimensional del objeto escaneado. Sin embargo, la técnica empleada para su óptimo funcionamiento en el juego, es extrapolable para la elaboración de archivos virtuales, pues permite lograr objetos tridimensionales óptimos para su visualización.



Figura 1. Indio con casco y peto. Cada uno de los elementos modelado con las diferentes técnicas.

3.1. Modelado de objetos 3D a partir de fotografías

Esta técnica es básica en la historia del modelado tridimensional. A partir de una imagen de referencia, se elabora un modelo poligonal que tenga la forma y volumen de ese objeto referenciado. Una vez conseguido el volumen, se asigna la misma fotografía como textura, consiguien-

do un resultado bastante interesante. En la imagen (Figura 1) superior, se puede apreciar al personaje tridimensional portando un peto y cubriendo su cabeza con un casco. El peto se ha generado siguiendo esta técnica de modelado a partir de fotografías.

Técnica relativamente fácil para quien conozca el trabajo de síntesis de imagen tridimensional, pero que también conlleva su dificultad o plantea sus propios problemas. En este caso, aplicar fotografías sobre modelos 3D no producían el efecto deseado. El peto presenta unas líneas horizontales que corresponden a un tipo de cordaje que enrolla cada una de las tablillas que lo forman. En fotografía se aprecia perfectamente y su uso como textura producía un resultado excelente. Sin embargo, al moverse, dado que el avatar se mueve, esas líneas horizontales producían un desagradable efecto moiré, "un defecto visual en el que los puntos de la imagen no aparecen correctamente alineados, el ángulo de los mismos se altera rompiendo la angulatura del color" (Borrego Jiménez, 2013: 27). Por lo tanto hubo que difuminar ese cordaje en la fotografía para corregir ese defecto. La reproducción 3D ya no se es tan exacta y habría que indicar la diferencia al igual que El Greco explica la representación del Hospital de Tavera, inexacta con respecto a la realidad, en su Vista y plano de Toledo (1608).

3.2. Modelado del avatar

La película Avatar (Cameron, 2009) puso de moda el término y, a su vez, lo explica. Avatar se viene aplicando a los videojuegos con numerosas definiciones, por ejemplo: la representación del usuario en el universo virtual. Otra definición lo presenta como un personaje virtual controlado por jugadores humanos cuya función es interactuar con otros caracteres. Lo que se podría concretar como la representación visual de un personaje controlado por un usuario (Waggoner, 2009: 8). Es indudable que se podría hablar de implicaciones filosóficas en torno al "yo" y el avatar, pero, evidentemente, no conviene profundizar al respecto en este texto. Lo que sí interesa es que, al ser una representación visual de un personaje, hay que elaborar un personaje idealizado.

Al igual que las ilustraciones que idealizan ciudades perdidas o las que muestran actividades de nuestros ancestros, la elaboración de un personaje tridimensional de estas características cumple la misma función: la de identificar al personaje con su época y su entorno.

En este caso, el proceso de modelado del avatar es similar al de modelar un objeto a partir de una fotografía, sólo que esta vez no se parte de una fotografía, sino que se utilizan imágenes elaboradas tras el estudio de los rasgos faciales de los personajes y la consulta sobre la fisionomía de su cuerpo más conveniente. Para ello se consultaron fotografías ofrecidas por el museo y por otras fuentes (Gmelch, 2008) y, a partir de ahí, se procedió al modelado de un personaje tridimensional preparado para animar. Esto quiere decir que "Modelar un cuerpo humano implica la adaptación de una estructura tridimensional articulada, con el fin de poder otorgarle funciones biomecánicas. A esta estructura se le tiene que añadir una figura poligonal que pueda articularse con dicha estructura" (Sarris y Strintzis, 2005: 86). Además, en el caso que nos ocupa, el modelo debe ajustarse a las particularidades que requiere el sistema de captura de movimiento utilizado para crear la experiencia inmersiva. Este sistema de captura se basa en el uso de la kinect y, para su mejor funcionamiento, requiere que el modelado y el setup de huesos (asignar los huesos a la malla poligonal que forma el Avatar) tengan las propiedades pertinentes para su correcto funcionamiento.

Dado que el proyecto se desarrolló usando el programa Autodesk Maya, se usó la aplicación Human IK (Figura 2), un sistema que permite establecer una jerarquía de huesos que facilita la animación mediante el reconocimiento de imagen.

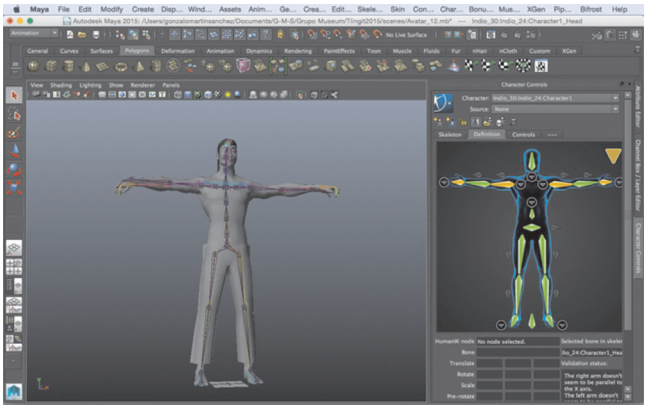


Figura 2. Interface de Autodesk Maya con la pestaña Human IK desplegada. Se puede observar, a la izquierda, el modelo del Avatar con sus huesos. En el recuadro de la derecha se aprecia cómo esos huesos influyen sobre la malla poligonal de acuerdo a parámetros estandarizados de captura de movimiento (*MoCap*).

3.3. Objetos escaneados

Quizá el aspecto más interesante de este proyecto, en lo que a la parte visual se refiere. Podría entenderse esta comunicación como una narración en la que hay una trama: la elaboración del entorno gráfico de un videojuego; y de un tema: elaboración de objetos 3d por todos y para todos.

¿3d realizado por todos y para todos? Sí, el imparable desarrollo de la tecnología informática ha permitido que el escáner 3d esté prácticamente al alcance de todos, como resultado del esfuerzo desarrollado para el desarrollo de la elaboración de escenas tridimensionales fotorrealistas, descripciones de escenas tridimensionales y la visualización de contenidos 3d (Malik, 2012: 472). Programas como 123dcatch y otras aplicaciones (http://www.123dapp.com/catch) permiten generar modelos 3d de manera fácil, registrando el volumen de los objetos reales al igual que los escáneres 3D. Los escáneres 3D usan la técnica de triangulación para conseguir sus exactos resultados. Aunque la triangulación suene cálculo informático o novedoso, es una antigua técnica de cálculo, pues ya se usó para medir la altura de las pirámides a partir de la sombra que éstas proyectaban (Muños Lumbier, 1955: 19).

La triangulación no es la técnica empleada para generar modelos 3D mediante fotografías. Es la denomina fotogrametría o estereofotogrametría "una forma de crear modelos 3D es el proceso conocido como fotogrametría, que resulta de la combinación de la fotografía y de la geometría. E artista toma numerosas fotografías alrededor de un objeto y el ordenador genera el modelo tridimensional a partir de los puntos comunes. Puede usarse para grandes extensiones mediante fotografía aérea o para objetos a corta distancia. La principal ventaja de esta técnica es su accesibilidad. Con una cámara fotográfica y el software apropiado, puedes generar un modelo tridimensional como si lo hubieras escaneado" (Mongeon, 2015: 69).

Lo interesante de estas herramientas de registro de volúmenes es poder exportar el modelo para trabajar con él en otros programas y dejarlo limpio de imperfecciones para poder usarlo con diferentes finalidades. Existen numerosos programas informáticos libres para esta técnica. Destacando entre todos el provisto por Autodesk: 123dcatch. "123dcatch es una aplicación libre que genera objetos 3D sin necesidad de coste. The Smithsonian Institute posee una galería online llamada Smithsonian X 3D (3d.si.edu/). Una colección de objetos 3D que los usuarios pueden visualizar desde cualquier lugar a través de internet. La galería está patrocinada

por Autodesk, el líder industrial en software Computer-Aided Design (CAD) y todos los objetos tridimensionales se han generado a partir de la aplicación 123dcatch" (Denzer, 2015: 85).

La deriva de los acontecimientos en la guerra de Siria e Iraq ha hecho que surja un muy interesante proyecto denominado "Project Mosul" el cual pide colaboración para recuperar el arte que se está destruyendo en Oriente Próximo. Mediante el uso de herramientas como 123dcatch y de visores de objetos poligonales como Sketchfab (sketchfab.com), cualquier persona interesada en preservar monumentos o piezas con valor histórico puede desarrollar su propia galería virtual de los mismos.

Lo que explico a continuación es el proceso para mejorar el resultado de esos registros tridimensionales, con el fin de generar modelos poligonales con texturas fotográficas en archivos de formato universal. Esto quiere decir que, después del tratamiento que se describe a continuación, una persona puede convertir un modelo 3d generado a partir de fotogrametría en un modelo perfectamente editable en cualquier softwhare de modelado y animación 3D.

3.3.1 Convertir un modelo escaneado en un modelo editable. Uso de Meshlab.

Para proseguir con el uso de softwhare libre, para la mejora de las capturas tridimensionales, lo más conveniente por su potencia y por ser muy intuitivo es el programa MeshLab el cual reduce polígonos y extrae la textura de la nube de puntos que configuran los modelos escaneados en tres dimensiones. Cada uno de estos puntos contiene información de su posición y de sus valores de R,G, B para definir el color. MeshLab convierte esa información en un polígono en el que se mapea una imagen.

Al igual que ocurre con la mención de la aplicación 123dcatch o de Sketchfab, hablar de Meshlab no supone realizar un ejercicio de promoción o propaganda, sino que se comunica el proceso de trabajo mediante un softhware universal y gratuito que se encuentra al alcance de todo el mundo.

Meshlab es una plataforma gratuita de código abierto diseñada para el trabajo con modelos tridimensionales. "Una herramienta muy potente y muy intuitiva, lo que facilita enormemente su uso. A diferencia de la mayoría de programas de modelado tridimensional, que poseen un entorno en el que generar un modelo 3d a partir de la combinación y manipulación de for-

mas geométricas, MeshLab trabaja con modelos 3d existentes con el fin de optimizar su número de polígonos, texturas… especialmente para trabajar con objetos escaneados que poseen una gran cantidad de datos que en otros visores no pueden procesarse" (Borestein, 2012: 313).

A continuación, describo el proceso para convertir un modelo generado mediante el proceso de escáner 3D a un modelo poligonal manejable. Las nubes de puntos generadas durante el proceso de escaneado se traducen en objetos que poseen una ingente cantidad de polígonos que hacen imposible su manejo o tratamiento. Es el caso de la collera Tinglit escaneada para el juego inmersivo en el que se ha desarrollado esta investigación.

Los objetos escaneados en tres dimensiones suelen tener la extensión de archivo de formato PLY o Stanford Triangle Format, una simple descripción de vértices y caras de un objeto tridimensional, el formato de archivo establecido para los escáner de tres dimensiones (Kucklick, 2006: 180). Esos vértices y caras son los polígonos de los modelos 3D con los que se quiere trabajar. En este caso, al importar el archivo de la collera al programa de 3D se formaba un modelo de más de 900.000 polígonos lo que hacía inviable su manipulación (Figura 3).



Figura 3. La collera en su archivo de escáner 3D.

Para su uso en el juego inmersivo había que reducir enormemente el número de polígonos para que pudiera funcionar correctamente con el resto de objetos tridimensionales y para que el avatar pudiera interactuar con él. Para ello se decidió reducir hasta los 10.000 polígonos. Con los

programas habituales (Maya, 3Dmax y Blender) la figura quedaba enormemente deteriorada por lo que se decidió trabajar directamente con Meshlab y, tras muchas pruebas se consiguió el modelo optimizado para su uso.

La técnica consiste en usar la opción que ofrece el programa dentro de lo que denomina filtros; dentro de "Remesing, Simplification and Reconstrucction", Quadratic Edge Collapse Decimation (Figura 4).

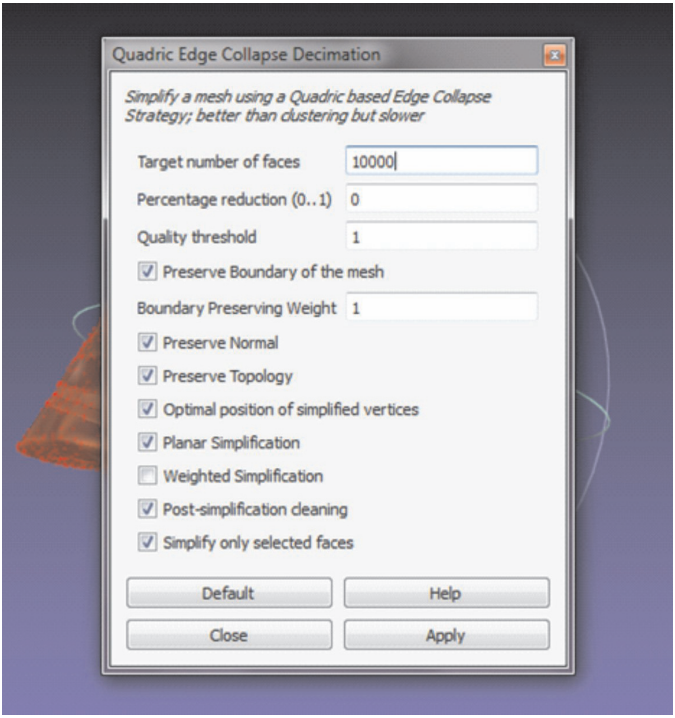


Figura 4

El programa nos pregunta qué número de polígonos es el que deseamos y aceptamos para que calcule el resultado final. Sin embargo, para que el objeto mantenga su forma y textura y no quede simplificado en exceso (Figura 5), se procede a realizar más acciones.

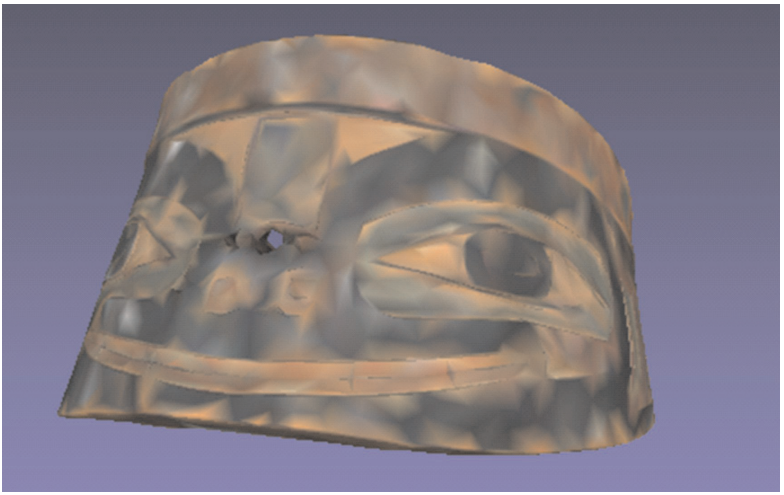


Figura 5. La reducción de polígonos produce un resultado excesivamente simplificado que distorsiona enormemente la textura.

Queda patente en la figura número cinco cómo esta reducción ha hecho perder la calidad del objeto, esto se debe a que la información del color se encuentra dentro de los vértices del objeto (como se ha comentado al definir el archivo .PLY). Estos vértices configuran lo que se "nube de puntos" de los modelos escaneados o generados por fotogrametría. Para solucionar esto, debemos transferir la textura de la versión de 900.000 polígonos a la de 10.000.

MeshLab permite la opción de trabaja por capas. De esta forma podemos organizar los objetos que contiene la escena de forma separada. Así importamos nuevamente el objeto original y lo asignamos a una nueva capa.

Hecho esto, volvemos al menú de "filtros" y en el submenú de "texturas" encontramos la herramienta "Parametrization: Trivial Per-Triangle" (Figura 6). Esta función es la que nos permite decir al programa de qué manera tiene que interpretar la información R,G,B que contiene cada vértice para generar la textura, mediante el ya mencionado proceso de triangulación. Hay que señalar que la textura que genera siempre es cuadrada, por lo que al especificar el tamaño en píxeles para la textura del objeto, el valor horizontal debe coincidir con el vertical. En este proceso se dio el valor 1024x1024 píxeles.

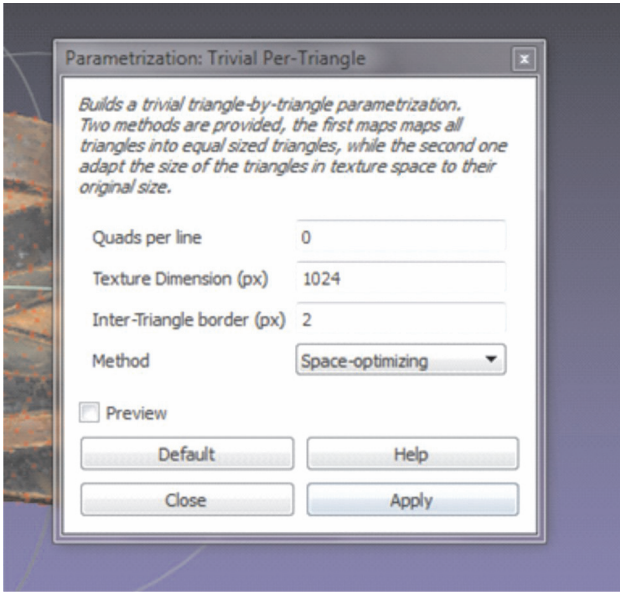


Figura 6

Después de pulsar el botón "Apply", regresamos a los filtros del programa, al submenú de "texturas" y dentro de él seleccionaremos "Transfer Vertex Attributes to Texture (between 2 meshes)". La herramienta que transfiere la textura que acabamos de generar al modelo reducido en polígonos. De esta forma se crea un archivo de imagen (formato .png) que se vincula al objeto con un número de polígonos reducido.

Creará una textura en formato .png que estará vinculada al nuevo objeto. Un archivo que presenta una imagen totalmente triangulada que el programa asigna al modelo tridimensional: por cada polígono (de tres vértices), asigna un triángulo de la textura (Figura 7).

Para terminar, exportamos el objeto de desde MeshLab al formato universal para modelos 3D, al formato.obj. Ahora podemos importarlo a programas del Autodesk Maya, donde le volvemos a asignar la textura obtenida en el proceso de MeshLab y que produce, como resultado un modelo tridimensional simplificado pero que ofrece una visualización casi idéntica al objeto escaneado, por lo tanto, un modelo 3D muy próximo a su referente real y que resulta ideal para su uso en videojuegos (Figura 8).

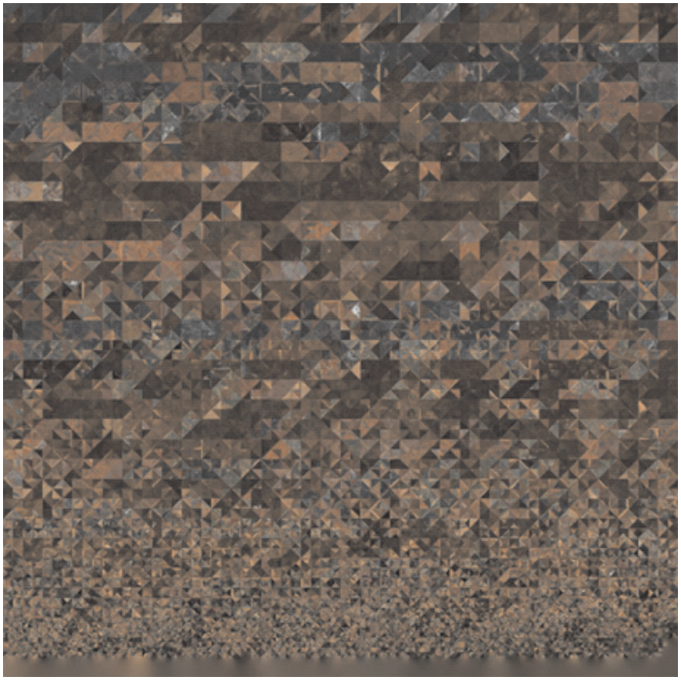


Figura 7. Textura fragmentada en miles de triángulos.



Figura 8. Resultado final en la previsualización de Autodesk Maya.

4. CONCLUSIONES

El proceso de elaboración de un entorno tridimensional para un juego interactivo es un proceso creativo y técnico en el que se intenta ofrecer imágenes tridimensionales próximas a sus referencias reales. En el proceso de trabajo para obtener dichos resultados, se ha encontrado un modo para trabajar con objetos tridimensionales obtenidos mediante la técnica de fotogrametría y de escaneado tridimensional. La novedad es que, gracias al proceso descrito, se puede optimizar estos objetos tridimensionales, trabajar en ellos, para poder difundirlos sin el requerimiento de grandes conocimientos tecnológicos o informáticos. Añadiendo un grano de arena al proceso de recuperación y difusión de patrimonio y herencia cultural que, parece, está cogiendo un impulso gracias a la liberación de esta tecnología.

Referencias Bibliográficas

BORESTEIN, Greg. 2012. **Making things see: 3D Vision with Kinect, Processing, Arduino, and MakerBot.** Maker Media. Sebastopol (CA). (USA).

BORREGO JIMÉNEZ, María Asunción. 2013. **Realización de la impresión digital. ARGI0209**. IC Editorial. Antequera (Málaga). (España).

DENZER, Juan. 2015. **Digital collections and exhibits.** Rowman and Littlefield Publishing Group. Maryland (USA).

GMELCH, Sharon Bhon. 2008. **The Tlingit encounter with photography**. Universtiy of Pennsylvania Press. Philadelphia. (USA).

KUCKLICK, Theodore R. 2006. **The medical device R&D handbook.** Taylor and Francis. Boca Ratón (FL) (USA).

MALIK, AAMIR SAEED, TAE SUN CHOI, and HUMAIRA NISAR. 2012. **Depth Map and 3D Imaging Applications: Algorithms and Technologies.** IGI Global, (USA).

MEDIACTIVE. 2007. **El gran libro de Autodesk 3dMax 9.** Alfaomega grupo editor. México D.F. (México).

MONGEON, Bridgette. 2015. **3D Technology in Fine Art and Craft: Exploring 3D Printing, Scanning, Sculpting and Milling.** Focal Press. Burlingtown (MA) (USA).

MUÑOZ LUMBIER, Manuel. 1955. **Cronología de las ciencias geográficas y geografía del mundo antiguo.** Vol. 229 de Biblioteca enciclopédica popular. Secretaría de Educación Pública. Universidad de Michigan (USA).

PRAKAS, Edmond C; RAO, Madhusudan. 2015. **Transforming Learning and IT Management through Gamification.** Springer International Publishing. (Suiza).

SARRIS, Nikos; STRINTZIS, Michael G. 2005. **3D modeling and animation: Synthesis and Analysis Techniques for the Human Body.** Idea Group Inc. London (Gran Bretaña).

WAGGONER, Zach, 2009. **My Avatar, my self. Identity in video role-playing games.** McFarland and Company. North Carolina (USA).

Enlaces Web

123dapp.com/catch

3d.si.edu

meshlab.sourceforge.net

projectmosul.org

sketchfab.com