

Retrato tridimensional mediante la utilización de tecnologías de fabricación digital de bajo coste en entornos educativos

Jose L. Saorín¹; Alejandro Bonnet de León²; Cecile Meier³; Jorge de la Torre-Cantero⁴

Recibido: 23 de julio de 2017 / Aceptado: 27 de enero de 2018

Resumen. El estudio y la representación de las formas asociadas al cuerpo humano y al retrato es una parte del currículo de las asignaturas de educación plástica, visual y audiovisual en enseñanza secundaria. Actualmente los ejercicios se realizan utilizando técnicas artísticas tradicionales y en la mayoría de los casos en soportes bidimensionales. Cuando se trata de crear modelos tridimensionales, se suele utilizar barro u otros elementos moldeables y técnicas constructivas tradicionales. Esto supone la necesidad de contar con los materiales y herramientas específicas para elaborarlos. En este artículo, se presenta una actividad para la creación de retratos tridimensionales digitales y físicos, cuyo objetivo es que se pueda realizar en centros de educación secundaria. Para ello se utilizan tecnologías 3D de bajo coste que no requieran una formación específica, es decir, accesibles para profesores y alumnos. Dicha actividad ha sido llevada a cabo con dos grupos de profesores y alumnos durante el curso 2015 - 2016. Los resultados permiten comprobar que dicha actividad es viable en un entorno escolar y que se pueden conseguir retratos 3D a bajo coste.

Palabras clave: Retrato; educación; competencia digital; escáneres 3D.

[en] Three-dimensional portrait through the use of low-cost digital manufacturing technologies in educational environments

Abstract. The study and representation of the shapes associated with the human body and the portrait is a part of the curriculum of the subjects of plastic, visual and audiovisual education in secondary education. Currently, the exercises are performed using traditional artistic techniques and in most cases in two-dimensional supports. When it comes to creating three-dimensional models, often it is used clay or other molding elements and construction techniques. This implies the need to have the specific materials and tools to elaborate them. In this article, an activity is presented for the creation of digital and physical three-dimensional portraits, whose objective is that it can be carried out in secondary education centers. For this, low-cost 3D technologies will be used that do not require specific training, accessible for teachers and students. This activity has been carried out with two groups of teachers and students during the academic year 2015-2016. The results shows that this activity is feasible in a school environment and that 3D portraits can be obtained at low cost.

Keywords: Portrait; education; digital competence; 3D scanners.

¹ Universidad de la Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura (España)
E-mail: jlsaorin@ull.es

² Universidad de la Laguna (España)
E-mail: alebonle@hotmail.com

³ Universidad de la Laguna, Departamento de Bellas Artes (España)
E-mail: cemeier@ull.es

⁴ Universidad de la Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura (España)
E-mail: jcantero@ull.es

Sumario: 1. Introducción. 2. Antecedentes: el retrato y la fabricación digital. 3. Materiales y métodos. 3.1. Participantes. 3.2. Hardware y Software. 3.3. Instrumentos de medida. 4. Experiencia realizada. 5. Resultados. 6. Conclusiones. Referencias.

Cómo citar: Saorín, J.L.; Bonnet de León, A.; Meier, C.; De la Torre-Cantero, J. (2018) Retrato tridimensional mediante la utilización de tecnologías de fabricación digital de bajo coste en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad* 30(2), 295-309.

1. Introducción

La creación de bustos o retratos en tres dimensiones, es una actividad habitual en asignaturas como Volumen o Escultura en estudios artísticos. Para modelar o esculpir un busto se necesitan habilidades técnicas, tiempo y un modelo disponible para sacar las medidas a lo largo del proceso. Para ello se utilizan técnicas como el modelado en arcilla o la talla en piedra o madera. Por ello, esta actividad no suele incorporarse en centros de educación secundaria, realizando únicamente en esta etapa, ejercicios bidimensionales para el estudio del retrato o de la forma humana. Es interesante señalar, que a pesar de que en los estudios de Bellas Artes, es habitual realizar esculturas mediante técnicas tradicionales como las mencionadas anteriormente, todavía no es de uso común la utilización de métodos digitales tridimensionales.

Según los currículos educativos vigentes, ya desde primaria, en las asignaturas de expresión artística, se promueve la creación a partir de composiciones utilizando combinaciones de puntos, líneas y/o formas, donde puedan reconocerse manifestaciones artísticas tales como el retrato (Gobierno de Canarias, 2014). Algunos de los ejercicios que se realizan en primaria, son la representación de la figura humana y el autorretrato (Basagoiti, 2010). Estos ejercicios se ejecutan principalmente en formatos bidimensionales empleando materiales tradicionales como ceras, lápices, temperas etc., aunque también se suelen realizar creaciones tridimensionales utilizando arcillas, plastilinas o pastas de modelar.

En enseñanza secundaria, en algunos ejercicios de la materia de educación plástica, visual y audiovisual se emplea el retrato como una manera de reconocer y diferenciar los elementos que intervienen en composiciones básicas, mediante el análisis de las leyes compositivas como el equilibrio, la proporción, el ritmo o la simetría, a partir de la visualización de imágenes como fotografías, ilustraciones, visitas a museos, etc. Para la realización de estos ejercicios se suelen utilizar técnicas tradicionales. Sin embargo, en los propios currículos educativos se indica que los alumnos deben iniciarse en el uso de recursos tales como programas sencillos de diseño para su experimentación en la materia.

Puede verse un ejemplo de un ejercicio de estas características en la Figura 1, extraída de un libro de educación plástica y visual de primer curso de ESO (Rodríguez, Soler, & Basurco, 2007). Este ejercicio consiste en la reproducción de un retrato fotográfico, empleando líneas de simetría y proporción para ayudar al alumno a encajar correctamente los trazos del dibujo que representarán cada una de las partes de la cara. Aunque en este caso se emplean únicamente medios manuales, otra variante de este ejercicio podría añadir la competencia digital si se realizara utilizando programas sencillos de edición fotográfica digital.

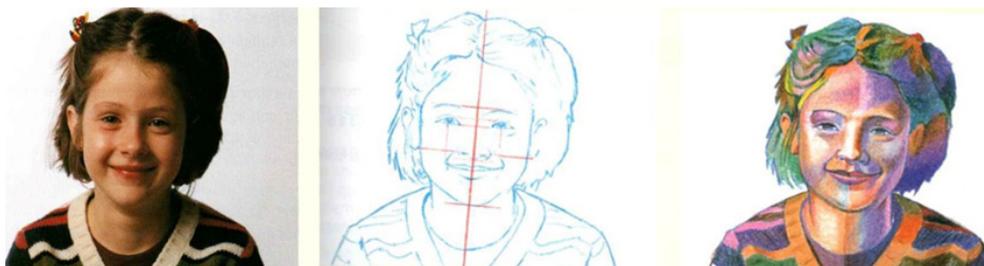


Figura 1. Ejercicio de simetría y proporción de 1º de la ESO. (Fuente: Rodríguez, Soler, & Basurco, 2007).

En asignaturas de bachillerato como Dibujo Artístico, el currículo educativo incluye la realización de representaciones de la figura humana a partir de sus relaciones de proporcionalidad, aplicando fundamentos de anatomía a partir de la observación del natural como, por ejemplo, de poses de los propios alumnos (Gobierno de Canarias, 2016). En otras asignaturas como Volumen, se comienza a experimentar con representaciones tridimensionales de distintos objetos y figuras partiendo de modelos físicos en escayola u otros materiales para que el alumnado los reproduzca utilizando materiales como la arcilla. Para realizar correctamente estos ejercicios, es decir que reflejen exactamente las medidas, es necesario la utilización de instrumentos de medición. Estos instrumentos, tales como máquinas de sacar puntos o puntómetros, compases, escuadras y reglas sirven para conseguir la mayor similitud entre la copia y el original, respetando todas sus proporciones.

Las máquinas de sacar puntos (figura 2), no son habituales en centros educativos preuniversitarios, ya que, para su uso, es necesario un espacio adecuado y una formación específica. Debido a ello, en estos niveles educativos, los ejercicios de modelado tridimensional llevados a cabo con materiales como arcilla, plastilina, fimo... no pretenden ser copias fieles de los modelos, sino enseñar a realizar representaciones simples de la forma humana y su volumen.



Figura 2. Máquina de sacar puntos o puntómetro (Fuente: Wikimedia Commons).

Como se ha visto, los currículos de asignaturas de plástica en niveles preuniversitarios, señalan que los alumnos deben iniciarse en el uso de programas sencillos para la experimentación en entornos digitales. Esta competencia digital, se está empezando a incluir en muchos centros educativos, sobre todo cuando se habla de representaciones bidimensionales, mediante el uso de programas sencillos y gratuitos como por ejemplo MyPaint, Gimp o Inkscape (Huelves, Carrasco, & Espinosa, 2014). En el caso de la creación tridimensional, no es habitual, en bachillerato, incluir el modelado o la visualización 3D en estos ejercicios. Sin embargo, en estos últimos años algunos centros empiezan a incluir programas gratuitos de modelado 3D como, por ejemplo, Blender o Sculpttris (Roque & Valverde, 2012).

Existen autores que relacionan la competencia digital con el manejo de modelos 3D, el modelado 3D, entornos virtuales tridimensionales, etc. (Cervera & Mon, 2013; Cervera, Martínez, & Mon, 2016) resaltando además, la importancia de educar a los profesores en la competencia digital y en el uso de entornos 3D (Muñoz-Repiso & del Pozo, 2016). Por ello, esta relación entre objetos 3D y competencia digital está empezado a ser reconocida (Saorín, y otros, 2017).

Así, aunque la competencia digital 3D conlleva el uso y manejo de modelos tridimensionales digitales, no está concebida dentro de la competencia digital de los currículos actuales. Sin embargo, desde organismos internacionales se anima a considerar esta competencia digital 3D. Un ejemplo es el reconocido informe Horizon en el que se identifican y describen las tecnologías emergentes con mayor impacto en la enseñanza. En él, se presenta el uso de impresoras 3D como una realidad dentro de los centros educativos (Adams Becker, Freeman, Giesinger Hall, Cummins, & Yuhnke, 2016), aunque también señala que, si bien muchos centros escolares están adquiriendo estos equipos, su compra se realiza sin tener definida una estrategia educativa que contemple su uso, por lo que terminan siendo infrutilizadas o abandonadas. En este sentido, es importante saber que el uso de impresoras 3D exige disponer de modelos 3D digitales de aquellos objetos que se pretenden materializar. Por lo tanto, la creación, edición y obtención de modelos 3D digitales se considera un paso previo para la utilización de las impresoras 3D.

En la Figura 3 se presenta el esquema de los ejercicios relacionados con la representación de bustos en técnicas tradicionales y digitales.



Figura 3. El retrato o la forma humana 2D y 3D mediante técnicas tradicionales y digitales (Fotografía del autor).

En este artículo, se presenta una actividad para la creación de retratos tridimensionales digitales y físicos, cuyo objetivo es que se pueda realizar en centros de educación secundaria. Para ello se utilizarán tecnologías 3D de bajo coste, que no requieran una formación específica, es decir, accesibles para profesores y alumnos. Se emplearán tecnologías tridimensionales como escáner 3D de bajo coste, ordenador, impresora de papel, tijeras y pegamento, sin necesidad de disponer de tecnologías avanzadas y de precios inaccesibles para entornos escolares. Para validar esta propuesta, se realizan dos experiencias prácticas, para comprobar que dicha actividad se puede realizar (es viable) con profesores y alumnos sin formación específica, empleando un mínimo de tecnología.

Las dos experiencias realizadas son las siguientes: la primera se realizó con alumnos universitarios y la segunda en un curso de formación del profesorado de enseñanza secundaria, ambas realizadas durante el curso 2015/2016. Esta actividad se puede realizar tanto en secundaria, como en bachillerato e incluso en niveles universitarios, ya que no necesita de espacios específicos, ni conocimientos especializados, ni de grandes inversiones.

En las dos experiencias descritas, y para comparar con otros medios de fabricación digital, se han realizado de forma paralela dos bustos 3D adicionales con dos tecnologías diferentes: impresoras 3D y plotter de corte. El objetivo de esta actividad paralela es obtener resultados en cuanto al tiempo empleado por cada una de las tecnologías para que los participantes pudieran valorarlas adecuadamente.

2. Antecedentes: el retrato y la fabricación digital

El retrato es considerado como la imagen de una persona trasladada a la pintura, la escultura, el dibujo o la fotografía, en la que se plasma el aspecto o el carácter del sujeto representado. El retrato ha sido un género de relevancia dentro del estudio de la Historia del Arte, sobre todo en periodos determinados como pueden ser el Renacimiento y a lo largo del siglo XIX. En contextos educativos, el uso del retrato se emplea en asignaturas relacionadas con la plástica y la historia del arte, partiendo de un acercamiento crítico a las obras de arte, contribuyendo así a descifrar el complejo mundo de las imágenes y su valor estético. De igual forma, desde este tipo de prácticas, se potencia a su vez la creatividad (Moreno Vera, Vera Muñoz, Miralles Martínez, & Trigueros Cano, 2013).

Las tecnologías de fabricación digital incluyen el proceso de creación, edición y manejo de ficheros digitales tridimensionales. Hasta hace unos años todos estos procesos necesitaban una formación especializada, habitualmente en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura. Sin embargo, con la evolución del software y del hardware, estas tecnologías se han hecho accesibles, tanto en lo económico como en los aspectos formativos, con lo que se pueden realizar todos los procesos ligados a la creación 3D digital de forma sencilla.

Por lo tanto, la incorporación de estas tecnologías en entornos educativos es una opción viable. Para la obtención de contenidos tridimensionales digitales se puede optar por su descarga, accediendo a repositorios online gratuitos como Thingiverse o SketchFab. Otra opción, es la creación de los contenidos mediante el modelado 3D digital empleando alguno de los programas de bajo coste existentes como Tinkercad o SketchUp. Por último, cabe la posibilidad de obtener archivos digitales de nuestros propios modelos, empleando la reconstrucción fotográfica (fotogrametría) o mediante la digitalización de objetos empleando escáneres 3D.

La reconstrucción fotográfica y escáneres 3D, no se ha empleado tradicionalmente por su elevado coste y por la necesidad de una formación específica. Inicialmente, las tecnologías empleadas para conseguir modelos 3D del natural, procedían del mundo de la topografía y estaban basadas en aplicaciones orientadas a la creación de modelos digitales del terreno (MDT). Estas tecnologías se servían de técnicas topográficas para generar los puntos de la malla 3D del territorio; mediante aparatos tradicionales de topografía, a partir de fotografías (fotogrametría) o mediante escáner láser (Gonizzi Barsanti, Remondino, & Visintini, 2012). El uso de estos nuevos métodos, posibilitó la creación de modelos 3D sin necesidad de expertos en modelado 3D, aunque su coste era muy alto.

Sin embargo, en los últimos años y con la aparición de tecnologías de bajo coste, ha sido posible la generación de modelos 3D digitales en los propios centros educativos (Leakey & Dzambazov, 2013). Hoy en día existen programas gratuitos de restitución fotográfica que aprovechan el procesado en la nube (Scann3D, Recap 360...). Estas técnicas, si bien funcionan con objetos inertes, en el caso de seres vivos presentan dificultades a la hora de obtener archivos válidos para trabajar con ellos y materializarlos.

Por otro lado, han aparecido escáneres 3D que permiten capturar la superficie tridimensional de un busto con un precio cada vez menor (Winkelbach, Molkenstruck, & Wahl, 2006). Además, con la aparición de periféricos de videojuegos que posibilitan la captura del espacio en 3D, se ha permitido crear escáneres tridimensionales de

coste accesible, aunque de resoluciones no tan buenas como los profesionales. Un ejemplo de estos dispositivos es la Kinect de la Xbox 360 que, con el programa Scanect, permite disponer de un escáner 3D por menos de 200 euros. Otro ejemplo es el escáner Structure Sensor que, conectado a un iPad, permite tener a disposición uno de estos dispositivos por menos de 1000 euros (Bonnet de León, Meier, Saorín, de la Torre-Cantero, & Carbonell, 2017).

Una vez terminado el proceso de digitalización 3D del objeto, se puede realizar la reproducción física del modelo. Para ello, existen varias tecnologías que permiten crear una réplica física del modelo, unas por adición de material y otras por sustracción.

La impresión 3D es una tecnología aditiva que permite la materialización de archivos digitales 3D en modelos tangibles. Las impresoras 3D posibilitan la fabricación de las reproducciones utilizando materiales termofusibles para la construcción de las réplicas, depositando sucesivas capas de material sobre la superficie de impresión. En 2005, surge el proyecto RepRap en la Universidad de Bath (Reino Unido) con el objetivo de abaratar los costes de la impresión 3D. Esta iniciativa dio lugar a la popularización de dichas máquinas, ya que los precios de las impresoras se redujeron hasta estar en torno a los 1000 dólares. Tras ese momento, las impresoras de bajo coste se popularizaron, surgiendo una nueva industria alrededor de ellas. Así, con la aparición de esta nueva línea de impresoras, se ha facilitado la adquisición de estas tecnologías por parte de los centros educativos e incorporándolas como recurso docente (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013).

Otra tecnología para la creación de réplicas físicas, consiste en la construcción a partir de secciones apiladas. Dichas secciones se pueden crear digitalmente mediante técnicas de modelado 3D o de forma automática con programas específicos de laminado como Slicer for Fusion 360. Con este tipo de programas, un modelo 3D se puede configurar por secciones con un espesor definido. Dichas secciones se pueden exportar posteriormente tanto en formatos digitales para su corte (DXF o SVG) con dispositivos de corte automatizado o bien se pueden exportar en formato PDF para su impresión en papel (figura 4).

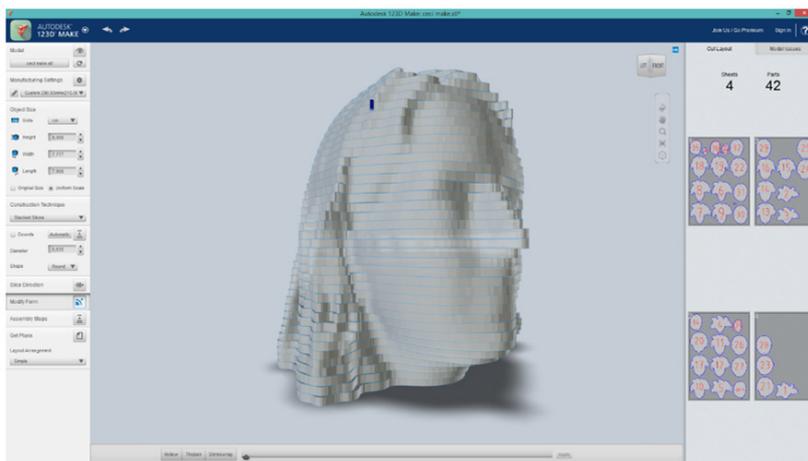


Figura 4. Imagen de interfaz de un programa de laminado, construcción por secciones y plantillas (Fotografía del autor).

Dentro de los dispositivos de corte se encuentran las máquinas de corte láser, las fresadoras por control numérico (CNC) o los plotters de corte. Con estas tecnologías de corte se ha producido una reducción de costes similar a la tecnología de impresión 3D, apareciendo opciones económicas orientadas a usuarios no profesionales que permiten contemplar su integración en contextos educativos. Es más, el interés por estas tecnologías de fabricación digital ha promovido la creación de máquinas didácticas que integran la impresión 3D, el corte CNC, el grabado láser y el corte por cuchillas con un simple cambio de cabezal.

Aunque han surgido opciones económicas de máquinas de corte láser “de escritorio” orientadas a la fabricación personal, su utilización en entornos educativos conlleva ciertos peligros derivados del cabezal láser y de la emanación de gases según el material que se corte, que exigen el uso de un filtro de aire. Sin embargo, algunas de estas máquinas se promocionan para ser utilizadas en espacios como los makerspaces o fab labs que están surgiendo en centros de enseñanza secundaria. Estos laboratorios, con personas formadas en el uso de las tecnologías de fabricación digital tienen la posibilidad de integrar máquinas de corte láser a precios que van de los 600 a 5000 euros, algo impensable hace apenas dos años. Entre estas opciones se encuentran los proyectos “FABOOL Laser Mini”, “Mr Beam”, “Full Spectrum Laser Hobby Series” o “Glowforce”.

La tecnología de fresado CNC también ha experimentado un fenómeno similar, incluso mayor, de aparición de opciones de coste asequible, orientadas a la fabricación personal. Sin embargo, estas máquinas presentan algunos inconvenientes a la hora de introducirlas en entornos educativos, como el elevado nivel de ruido y polvo que producen y la necesidad de una formación específica para el manejo de ficheros digitales y selección de parámetros de corte. A pesar de esto, están surgiendo modelos didácticos y orientados al hobby que están reduciendo cada vez más este tipo de inconvenientes. Entre estos modelos podemos encontrar proyectos como “Carbide 3D”, “Carvey”, “MillRight CNC”, “X-Carve” o “Stepcraft”.

Otra tecnología de fabricación digital es el plotter de corte. Este tipo de máquinas, dispone de un cabezal con una cuchilla que se desplaza por la superficie del material que se desea cortar o troquelar. A nivel profesional se suele utilizar en la industria gráfica y el material con el que se trabaja más habitualmente es el vinilo, aunque existe la posibilidad de hacerlo con gran variedad de materiales. Por un precio comprendido entre 1000 a 2000 euros, se puede adquirir un plotter de corte con características profesionales. Sin embargo, por unos 250 euros, existen plotters de corte que se pueden adquirir en papelerías orientadas al fenómeno mundial del scrapbooking. Estas máquinas no mucho mayores que una impresora de papel, son de sencillo funcionamiento y permiten cortar una amplia variedad de materiales como cartulina, cartón, tela, goma eva... y son perfectamente compatibles con la mayoría de ordenadores y archivos de imágenes con los que se suele trabajar en entornos escolares. Dentro de estos dispositivos podemos encontrar modelos como Cameo y Curio de la empresa Silhouette (figura 5A), la Cricut, la serie Stika de la empresa Roland, o ScanNCut de Brother entre otras.

Pese a existir toda esta gama de dispositivos de corte, se ha de señalar que unas tijeras permitirán ejecutar el trabajo de forma manual con unos resultados aceptables, siempre que el material a cortar sea blando (papel, goma eva, cartón,...). Es importante tener en cuenta este aspecto, ya que en todos los centros escolares es habitual el uso de tijeras y pegamento para las asignaturas de expresión plástica (figura 5B).

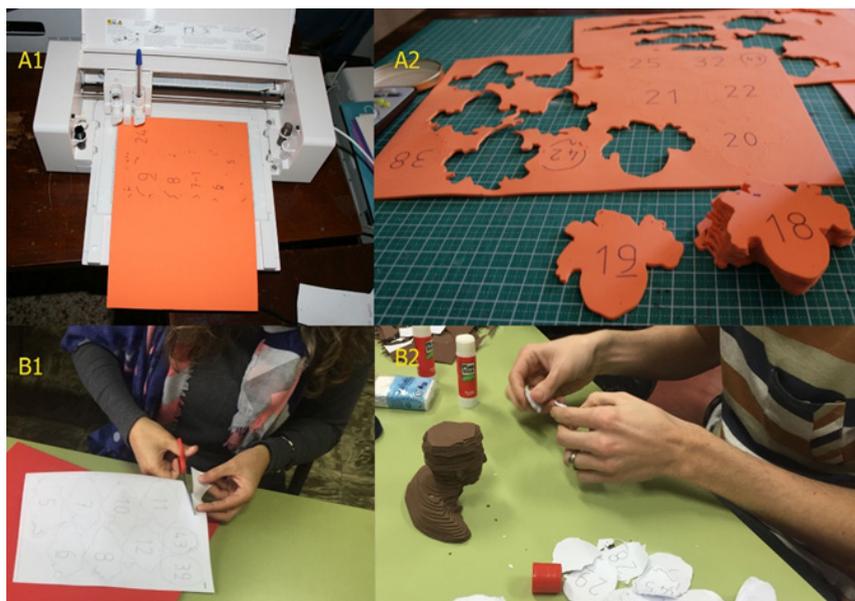


Figura 5. A1: Corte automatizado con plotter de corte. A2: Montaje tras corte con plotter. B1: Corte manual con tijeras. B2: Montaje tras corte con tijeras. (Fotografía del autor).

3. Materiales y métodos

3.1 Participantes

La actividad se llevó a cabo con dos grupos distintos, un grupo formado por 15 profesores de secundaria de distintos centros docente de la isla de la Palma (Canarias) y un segundo grupo formado por 13 alumnos del máster en formación del profesorado de la Universidad de la Laguna. A ambos grupos se les pasó un cuestionario de conocimientos previos para valorar sus nociones sobre las tecnologías a emplear.

De dicho cuestionario se extrajeron los siguientes datos:

A) Del grupo de alumnos:

1. El 84,60% no conocía los programas que se emplearon.
2. El 53,84% desconocía la existencia de los plotters de corte de bajo coste.
3. El 69,23% no conocía la existencia de los escáneres 3D de bajo coste.
4. El 84,60% desconocía la existencia de las impresoras 3D.

B) Del grupo de profesores:

1. El 86,6 % no conocía la existencia de los programas empleados,
2. El 66,6 % desconocía la existencia de los plotters de corte de bajo coste.
3. El 46,6 % no conocía la existencia de escáneres 3D de bajo coste.
4. El 66,6% de los profesores no habían utilizado nunca una impresora 3D.

3.2 Hardware y Software

El hardware empleado con ambos grupos fue el siguiente: Escáner 3D Sense para la obtención de los modelos tridimensionales digitales, plotter de corte Curio de Silhouette para el corte automatizado de las piezas de la composición, impresora 3D Makerbot Replicator 2 para la impresión de los bustos en 3D. En cuanto a los programas empleados fueron: 3D Sense para la digitalización con el escáner, Silhouette Studio para insertar los archivos y automatizar el corte en la Curio, Makerbot Desktop para configurar los parámetros de impresión 3D e insertar los archivos en la impresora. Por último, se utilizó el programa 123D Make (actualmente denominado Slicer for Fusion 360) para realizar la división en secciones del modelo 3D de cada participante y obtener así las plantillas de corte a tijera necesarias.

3.3 Instrumentos de medida

Para cuantificar los resultados de la actividad se realizó un cuestionario de conocimientos previos sobre el uso de tecnologías 3D en el que se les pregunta si conocen o han usado una impresora 3D, un escáner 3D, plotters de corte y programas de edición y modelado 3D. Además, se realizó un segundo cuestionario para medir el nivel de satisfacción y viabilidad de la actividad propuesta. Dicho cuestionario estaba compuesto por seis ítems donde se preguntaba a los participantes sobre su opinión de cara a implantar estas tecnologías en un centro educativo, así como su opinión sobre las diferentes tecnologías empleadas en la actividad. Además, en el caso de los alumnos de máster, se realizó un recuento del número de bustos terminados (corte y montaje) durante la actividad, así como el tiempo empleado para realizar cada uno de los retratos 3D.

4. Experiencia realizada

La actividad se ha dividido en tres fases realizadas en dos sesiones con una duración total de 4,5 horas. En la primera sesión se realiza la Fase I de escaneado de los alumnos en 3D y en la segunda sesión se realizan la Fase II y III, que corresponden a la creación de secciones planas y a la construcción del retrato 3D de los alumnos.

4.1 Sesión I (Fase I)

En las dos experiencias realizadas con los grupos anteriormente descritos, profesores y alumnos universitarios, se escaneó a todos los participantes utilizando el escáner portátil 3D Sense. Esta fase se desarrolló en 90 minutos aproximadamente.

4.2 Sesión II (Fase II y III)

En la segunda sesión, utilizando el programa 123D Make, se obtienen a partir de los ficheros digitales en 3D las plantillas de corte necesarias para construir sus propios bustos a mano empleando tijeras y Goma Eva. Dichas plantillas se imprimieron en papel, para posteriormente pegarlas sobre Goma Eva de 2mm e ir recortando con tijeras y ensamblando las distintas piezas. Esta segunda sesión tuvo una duración completa de 180 minutos.

En paralelo a la actividad descrita anteriormente, y para comparar con otros medios de fabricación, se realizaron dos bustos adicionales: Uno de ellos utilizando la impresora 3D y otro empleando el plotter de corte. En el caso del busto impreso en 3D, se imprimió a la mitad del tamaño del que los participantes realizaron en goma Eva, ya que si se hubiera mantenido el mismo tamaño la impresión hubiera necesitado casi 6 horas. Al reducir el tamaño a la mitad, el tiempo empleado en la impresión fue de tan solo 1 hora con 20 minutos. Por otro lado, el corte de las secciones del segundo busto mediante el plotter de corte Curio Silhouette se realizó al mismo tamaño que el del resto de los participantes y necesitó 72 minutos para completar el proceso de corte (figura 6).

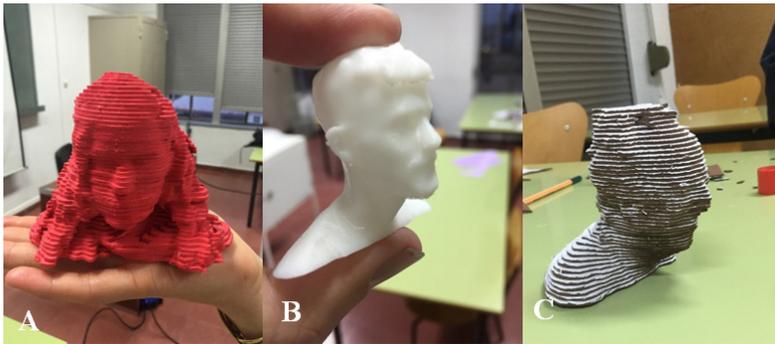


Figura 6. A: Resultado del montaje tras el despiece con Plotter de corte. B: Resultado de la impresión 3D C: Resultado del montaje tras corte manual con tijeras. (Fotografía del autor).

5. Resultados

Los resultados del cuestionario de satisfacción para cada una de las experiencias se reflejan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados del cuestionario de satisfacción.

Escala (1-5)		
<i>Pregunta</i>	<i>Alumnos de Máster Media sobre 5 (desv. Est.)</i>	<i>Profesores Media sobre 5 (desv. Est.)</i>
Como docente o futuro docente, me veo capaz de desarrollar esta actividad con mis alumnos	4,15 (1,14)	4,2 (0,77)
Creo que el uso de estas aplicaciones y actividades es posible en un centro educativo	3,92 (1,12)	4,46 (0,63)
He aprendido nuevas formas de creación y manipulación de figuras tridimensionales	4,77 (0,60)	4,13 (0,74)
La práctica y la comparación entre las distintas formas de obtención de modelos tridimensionales me ha resultado muy interesante	4,31 (0,85)	4,4 (0,63)
Pienso que es una actividad que fomenta la creatividad	4,23 (0,93)	4,33 (0,89)
He sido capaz de realizar los pasos necesarios para obtener las plantillas	4,38 (1,12)	4,06 (0,70)

De los resultados en cuanto al número de figuras terminadas y los tiempos empleados para ello se pudieron extraer los siguientes datos:

Del grupo de estudiantes, el 41,66% pudo recortar y ensamblar todas las piezas, obteniendo un busto terminado en un tiempo de 94 minutos. En el caso de los profesores, completo la actividad el 93,33% de ellos. En ambos casos se realizó una impresión 3D de uno de los bustos y se automatizó el corte de las secciones en goma eva utilizando el plotter de corte Curio. En el caso de la impresión 3D, se tuvo que disminuir el tamaño del busto a imprimir a la mitad para que pudiera realizarse en el tiempo que duraba la sesión, es decir, la impresión del busto a la misma escala que los realizados en goma eva, hubiera tardado 5 horas y 53 minutos, mientras que al imprimirlo a la mitad el tiempo empleado fue de 80 minutos. En cuanto al corte automatizado, el tiempo empleado fue de 72 minutos en los que únicamente se realizó el corte de las piezas de un busto, es decir, tras el corte aún quedó realizar el montaje con las piezas obtenidas.

6. Conclusiones

De los resultados obtenidos se pueden resaltar las siguientes conclusiones:

Aunque el 84,6 % de los alumnos y el 86,6 % de los profesores desconocían los programas utilizados en la experiencia, todos fueron capaces de realizar las plantillas de corte necesarias para construir su busto en tres dimensiones empleando goma eva de 2mm. Por lo tanto, el uso del software propuesto, no representa un problema para la realización de los retratos 3D en educación ya que existen recursos gratuitos y accesibles que permiten a cualquier profesor incorporar tecnologías tridimensionales en aula sin necesidad de conocimientos informáticos avanzados.

El 69,23 % de los alumnos y el 46,6 % de los profesores desconocían la existencia de escáneres de bajo coste. La diferencia observada entre ambos grupos se debe a que algunos profesores habían asistido con anterioridad a otros cursos de fabricación digital donde les habían enseñado dichos equipos. Independientemente, estos los datos permiten deducir que este desconocimiento de los medios tecnológicos, propicia que muchos centros no utilicen estos dispositivos a pesar de su bajo coste.

Tanto alumnos como profesores (valores de 4,77 y 4,13 sobre 5) coincidieron en que esta actividad les sirvió para aprender nuevas formas de creación y manipulación de figuras tridimensionales, viéndose capaces de realizar este tipo de actividades con sus futuros alumnos (valores superiores a 4 sobre 5). Los profesores ven factible realizar estas actividades en un centro de secundaria con valores superiores a los obtenidos por los alumnos del master de educación (4,46 frente a 3,92). En ambos casos, los dos grupos han valorado que la actividad propuesta fomenta la creatividad con puntuaciones de 4,23 y 4,33 sobre 5.

Es de reseñar que prácticamente todos los profesores (93,3%) fueron capaces de terminar el busto 3D en el tiempo dedicado a ello (4,5 h), mientras que más de la mitad de los alumnos (58,33%) no fueron capaces de terminar por completo el busto tridimensional. Vistos estos resultados, y dependiendo del grupo de alumnos, sería conveniente aumentar la duración de esta actividad hasta 6 horas, para facilitar que todos los participantes la puedan terminar.

Por otro lado, tanto los alumnos (4,3 sobre 5) como los profesores (4,4 sobre 5) han considerado que la comparativa entre las distintas tecnologías que nos permiten conseguir modelos físicos tridimensionales ha resultado muy interesante. Los datos obtenidos, nos permiten cuantificar los tiempos necesarios para la realización de esta actividad con impresora 3D y con plotter de corte. De esta manera los participantes han podido comparar distintas alternativas.

Mediante la impresión 3D se ha tardado 80 minutos en obtener un único modelo de la mitad del tamaño que el realizado en goma eva. En este sentido también hay que señalar que, aunque es posible el corte automatizado de las piezas de las figuras, este proceso tarda unos 72 minutos en completarse y aún se tendrán que ensamblar para conseguir el montaje final. Por ello, aunque la tecnología lo permite, en este caso es aconsejable realizar esta actividad realizando el corte de las distintas piezas con tijeras ya que facilita que todos los participantes trabajen a la vez, con lo que cada uno será capaz de obtener su propia réplica al finalizar la actividad.

El uso de escáneres 3D, ha de entenderse como una toma fotográfica en tres dimensiones, es decir, capturar la figura desde todos sus puntos de vista permitiendo obtener una representación 3D digital fiel al original. Dicho esto, cabe señalar que, para la fabricación de réplicas físicas de la figura escaneada, la herramienta que dará

mejores resultados en cuanto a fidelidad con respecto a la original será la impresión 3D. Sin embargo, este método, requiere de maquinaria y de un elevado tiempo de impresión como se puede apreciar en la Tabla 2. Por ello, dado que el objetivo de esta actividad es lograr que cada alumno pueda obtener su busto tridimensional en una misma sesión, será preferible la fabricación de las réplicas empleando el corte con tijeras aunque el resultado final no sea tan preciso como la impresión 3D.

Finalmente es importante señalar, que con esta actividad se incorpora la competencia digital en ejercicios o asignaturas que tradicionalmente no la contemplan, sin necesidad de disponer de aulas específicas y a un coste asequible. De este modo, los alumnos comienzan a familiarizarse con herramientas y dispositivos digitales que cada vez están más presentes en el mundo profesional.

Referencias

- Adams Becker, S., Freeman, A., Giesinger Hall, C., Cummins, M., & Yuhnke, B. (2016). *NMC/CoSN Horizon Report: 2016 K-12 Edition*. Austin, Texas: The new Media Consortium.
- Basagoiti, A. (2010). *Plástica*. Madrid: SM.
- Bonnet de León, A., Meier, C., Saorín, J., de la Torre-Cantero, J., & Carbonell, C. (2017). Tecnologías de diseño y fabricación digital de bajo coste para el fomento de la competencia creativa. *Arte, Individuo y Sociedad* (29) 1, 85-100. doi:<http://dx.doi.org/10.5209/ARIS.51886>
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP.
- Cervera, M. G., Martínez, J. G., & Mon, F. E. (2016). Competencia digital y competencia digital docente: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*, pp. 74-83. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/riite2016/257631>
- Cervera, M., & Mon, F. (2013). Explorando el potencial educativo de los entornos virtuales 3D. *Teoría de la Educación; Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(3), 302.
- Gobierno de Canarias (13 de Agosto de 2014). *gobiernodecanarias.org*. Disponible en: http://www.gobiernodecanarias.org/opencmsweb/export/sites/educacion/web/_galerias/descargas/curriculo-primaria/AnexoII_Primeria_Educacion_Artistica.pdf
- Gobierno de Canarias (15 de Julio de 2016). *Boletín oficial de Canarias*. Disponible en: <https://sede.gobcan.es/cpi/boc>
- Gonizzi Barsanti, S., Remondino, F., & Visintini, D. (2012). Photogrammetry and Laser Scanning for Archaeological Site 3D Modeling - Some Critical Issues . *Proceedings of the 2nd Workshop on The New Technologies for Aquileia*. Aquileia, Italy.
- Huelves, I., Carrasco, V., & Espinosa, J. (2014). Dar a conocer el software libre Gimp en las escuelas de arte. *Infolio* (3). Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.infolio.es/articulos/huelves/software.pdf>
- Leakey, L., & Dzambazov, T. (2013). Prehistoric Collections and 3D Printing for Education. *Low-cost 3d printing for Science, Education and Sustainable Development*. Trieste (Italy).
- Moreno Vera, J. R., Vera Muñoz, M. I., Miralles Martínez, P., & Trigueros Cano, F. J. (2013). El retrato en Educación Infantil: una propuesta didáctica sobre arte. *CLIO & asociados*, 249-266.

- Muñoz-Repiso, A., & del Pozo, M. (2016). Análisis de las competencias digitales de los graduados en titulaciones de maestro. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, 15(2), 155-168. doi:<http://dx.doi.org/10.17398/1695-288X.15.2.155>
- Rodríguez, I., Soler, I., & Basurco, E. (2007). *Educación Plástica y Visual I*. Madrid: SM.
- Roque, M. Á., & Valverde, R. (2012). La observación y percepción del entorno y modelos en el espacio a través de. *Arte, educación y cultura. Aportaciones desde la periferia*. Jaen.
- Saorín, J., Meier, C., de la Torre-Cantero, J., Carbonell-Carrera, C., Melián-Díaz, D., & Bonnet de León, A. (2017). Competencia Digital: su relación con el uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D. *Edmetec, Revista de Educación Mediática y TIC*, 27-46. doi:<https://doi.org/10.21071/edmetec.v6i2.6187>
- Winkelbach, S., Molkenstruck, S., & Wahl, F. (2006). Low-Cost Laser Range Scanner and Fast Surface Registration Approach. *AGM, ser. LNCS, 4174*, (págs. 718-728.). doi:http://dx.doi.org/10.1007/11861898_72