

Tesis Doctoral

“Incorporación del patrimonio escultórico en contextos educativos mediante el uso de Impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste”

Doctorado en Educación (D016)

Universidad de La Laguna (España)



DOCTORANDO: **Cecile Meier**

DIRECTOR: **Jose Luis Saorín Pérez**

CODIRECTOR: **Jorge de la Torre Cantero**

2016



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Tesis Doctoral

“Incorporación del patrimonio escultórico en contextos educativos mediante el uso de Impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste”

Doctorado en Educación (D016)
Línea 2: Enseñanza y aprendizaje en áreas de conocimiento específico
Universidad de La Laguna (España)

DOCTORANDO: Cecile Meier

DIRECTOR: Jose Luis Saorín Pérez

CODIRECTOR: Jorge de la Torre Cantero

2016

Editado en La Laguna



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

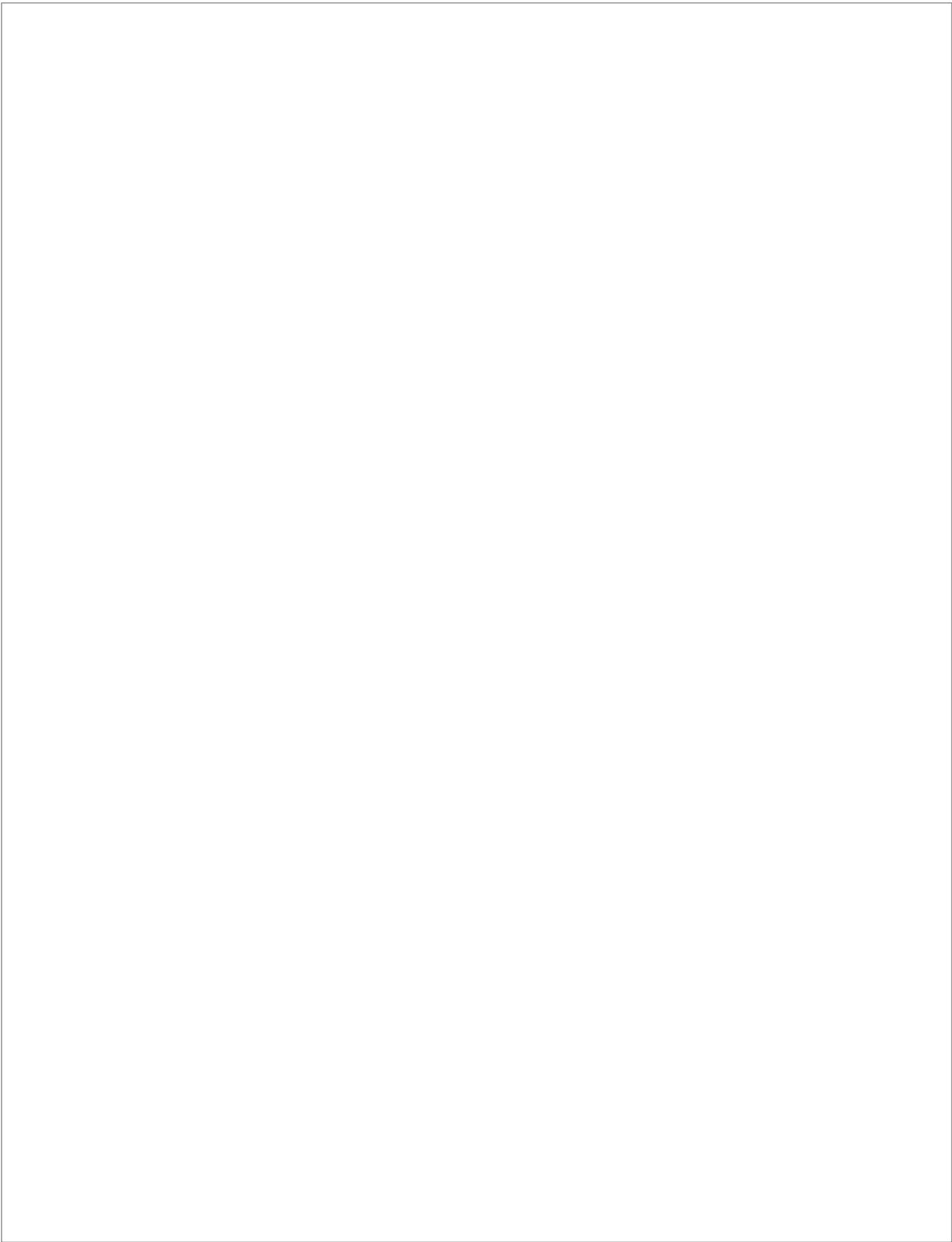
Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

Director de la Tesis:

- Dr. Jose Luis Saorín Pérez
- Doctor contratado por la Universidad de la Laguna
- Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

Codirector de la tesis:

- Dr. Jorge de la Torre Cantero
- Profesor asociado de la Universidad de la Laguna
- Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura

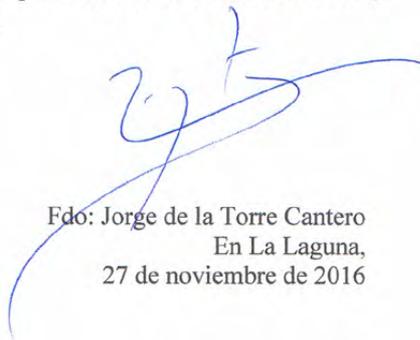
DR. JOSE LUIS SAORÍN PÉREZ, DOCTOR CONTRATADO POR LA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA y DR. JORGE DE LA TORRE CANTERO
PROFESOR ASOCIADO DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Certifican:

Que la Tesis Doctoral titulada: *"Incorporación del patrimonio escultórico en contextos educativos mediante el uso de Impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste"* que presenta **Cecile Meier**, al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de la Laguna, ha sido realizada bajo su dirección durante los años 2013 - 2016, siendo un trabajo de investigación que guarda rigor científico para merecer el Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado tribunal.



Fdo: Jose Luis Saorín Pérez
En La Laguna,
27 de noviembre de 2016



Fdo: Jorge de la Torre Cantero
En La Laguna,
27 de noviembre de 2016

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

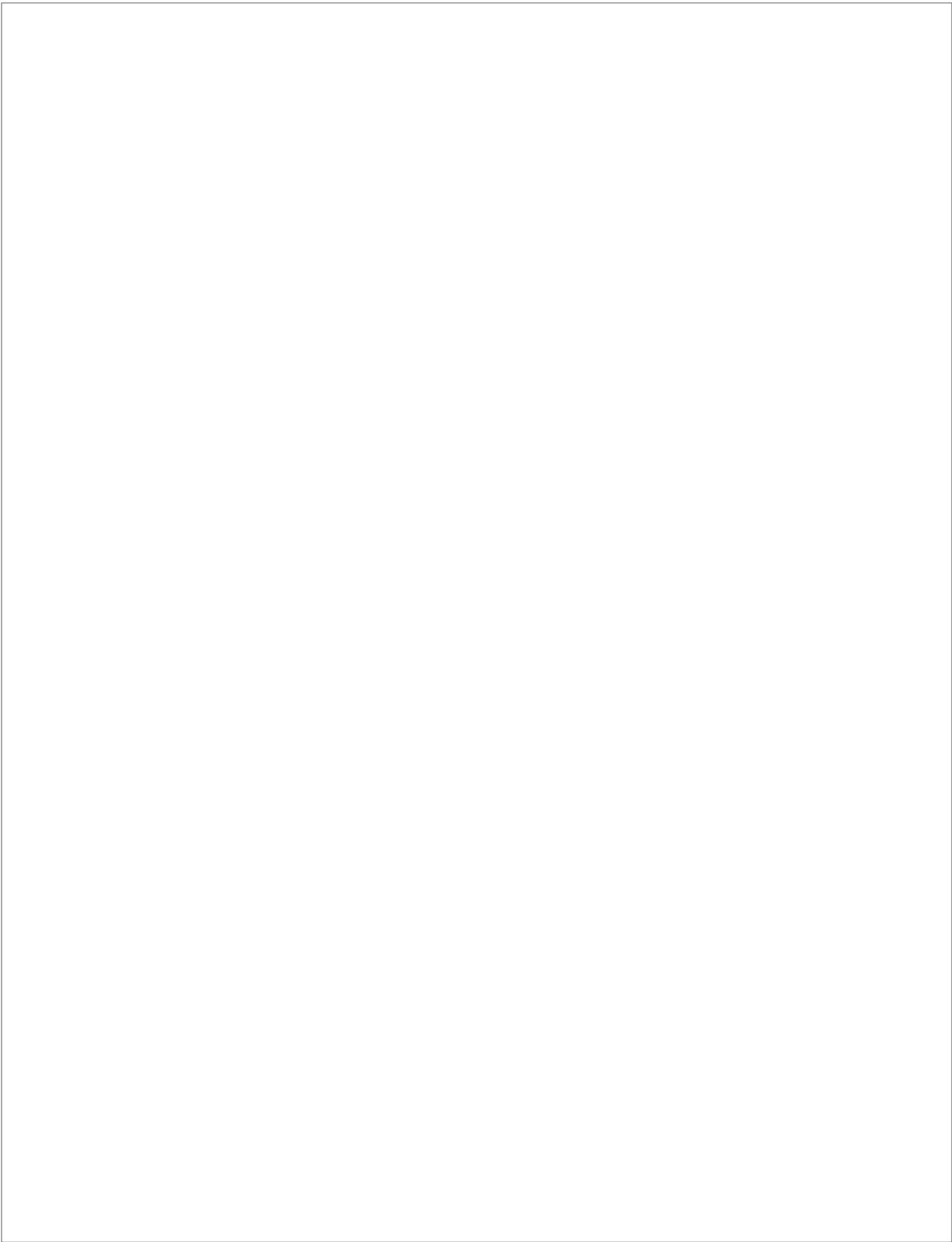
Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la ayuda infinita a mi director de tesis Jose Luis Saorín por dedicarle todo el tiempo posible a mi trabajo, por saber llevar la investigación de manera amena, guiarme por el camino de la tesis y motivarme en cada momento. Le doy las gracias por enseñarme a escribir un artículo científico e instruirme en todos los temas relacionados con el mundo de la investigación académica, la innovación, publicaciones, indexaciones, etc.

Doy las gracias a mi codirector Jorge de la Torre por llevar mi trabajo por caminos diferentes e interesantes, por corregir mis escritos, ayudándome con la búsqueda de referencias y facilitarme las herramientas necesarias para la organización y divulgación de mi trabajo.

Agradezco el tiempo que ha dedicado Carlos Carbonell en apoyarme, en revisar mis textos dando un enfoque nuevo a las publicaciones e investigaciones.

También agradezco a Carolina Castillo Ruiz por contar con nosotros para sus proyectos de innovación y facilitarme toda la información, recursos y referentes dentro de su campo de investigación.

Destacar la ayuda a la Fundación General de La Laguna por su apoyo en los proyectos tecnológicos, agradeciéndoles la posibilidad de contribuir en su proyecto MoveFab, facilitándome la realización de talleres en los que se han testado varias de las propuestas de las que se conforma esta investigación.

Mis reconocimientos al tiempo y la disponibilidad a todos los profesores que nos han ofrecido sus aulas y alumnos para realizar las investigaciones. Doy las gracias a todos los alumnos por su participación en las investigaciones y por rellenar incontables cuestionarios.

Mis agradecimientos también a todas las demás personas que me han apoyado, ayudado y contribuido a esta tesis a lo largo de los últimos años, especialmente a mi compañera de estudio Dámari, a David, Raquel, Davinia, Drago, Esther, Miguel, Antonio, etc.

Doy las gracias a mis padres por apoyarme incondicionalmente y posibilitar que me pudiera dedicar tres años a tiempo completo a mis estudios de doctorado.

Y por último agradezco a Alejandro, por estar siempre a mi lado, animándome y apoyándome en todo momento.

En definitiva, esta tesis doctoral ha sido posible gracias al trabajo en grupo y a la ayuda de todos que me rodean.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

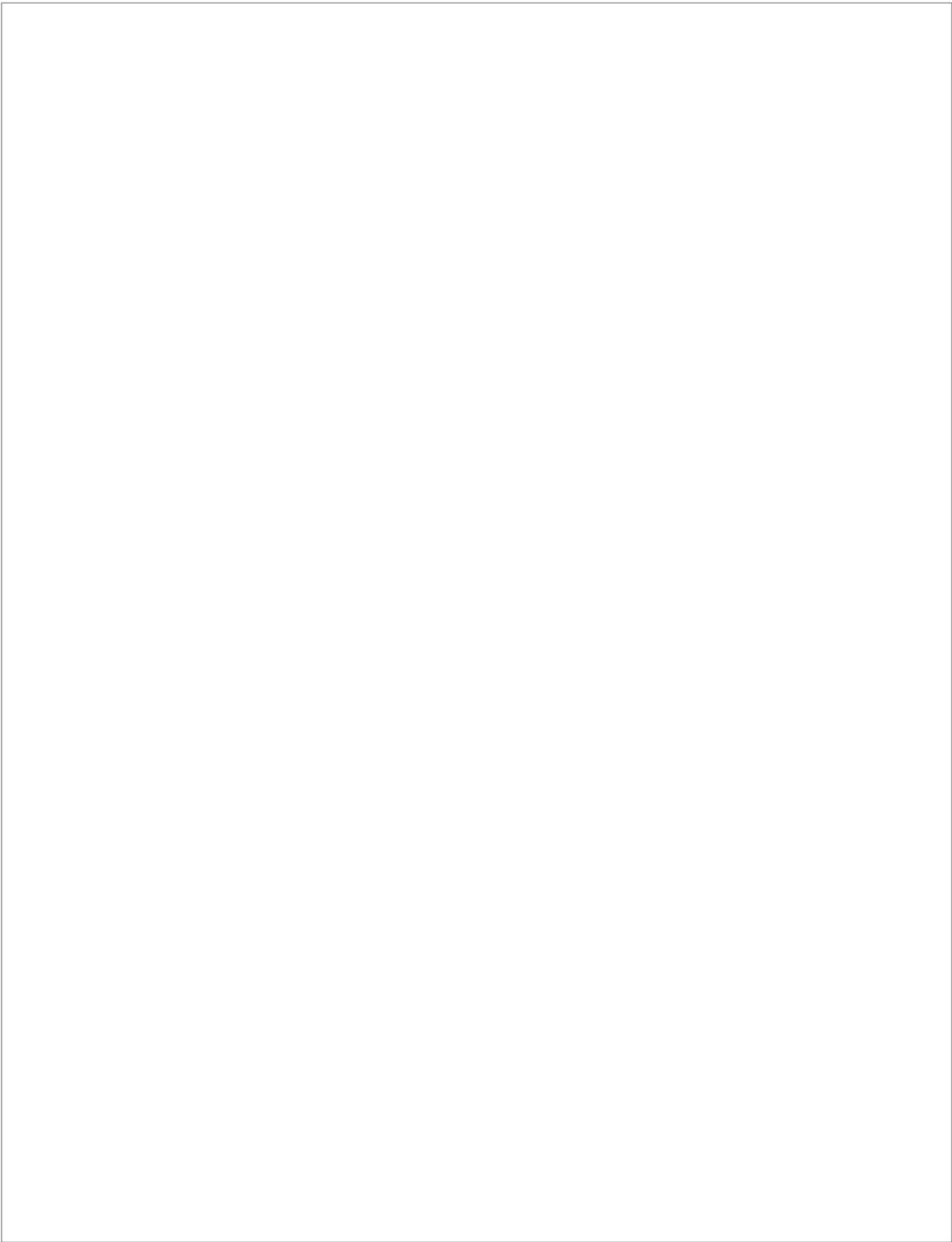
Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

ÍNDICE

1. Introducción.....	13
2. Justificación de la unidad temática de los artículos.....	15
3. Resumen global de los objetivos de investigación.....	19
4. Metodología.....	20
4.1. Fase I.....	20
4.2. Fase II.....	20
4.3. Fase III.....	21
5. Resultados.....	22
5.1. Fase I.....	22
5.2. Fase II.....	27
5.2.1. Caso práctico I: Patrimonio escultórico de Santa Cruz.....	28
5.2.2. Caso práctico II: Patrimonio Fósil Marino Canario.....	30
5.3. Fase III.....	32
5.3.1. Prueba de campo I.....	33
5.3.2. Prueba de campo II.....	34
5.3.3. Prueba de campo III.....	35
6. Discusión.....	36
7. Conclusiones finales.....	39
8. Referencias.....	43

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

ANEXOS

Anexo I: Artículos publicados en revistas indexadas

1. Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales.
2. Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D.
3. Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos.
4. Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias.
5. Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano.

Anexo II: Artículos en revisión en revistas indexadas

6. Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional.
7. Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys.
8. 3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

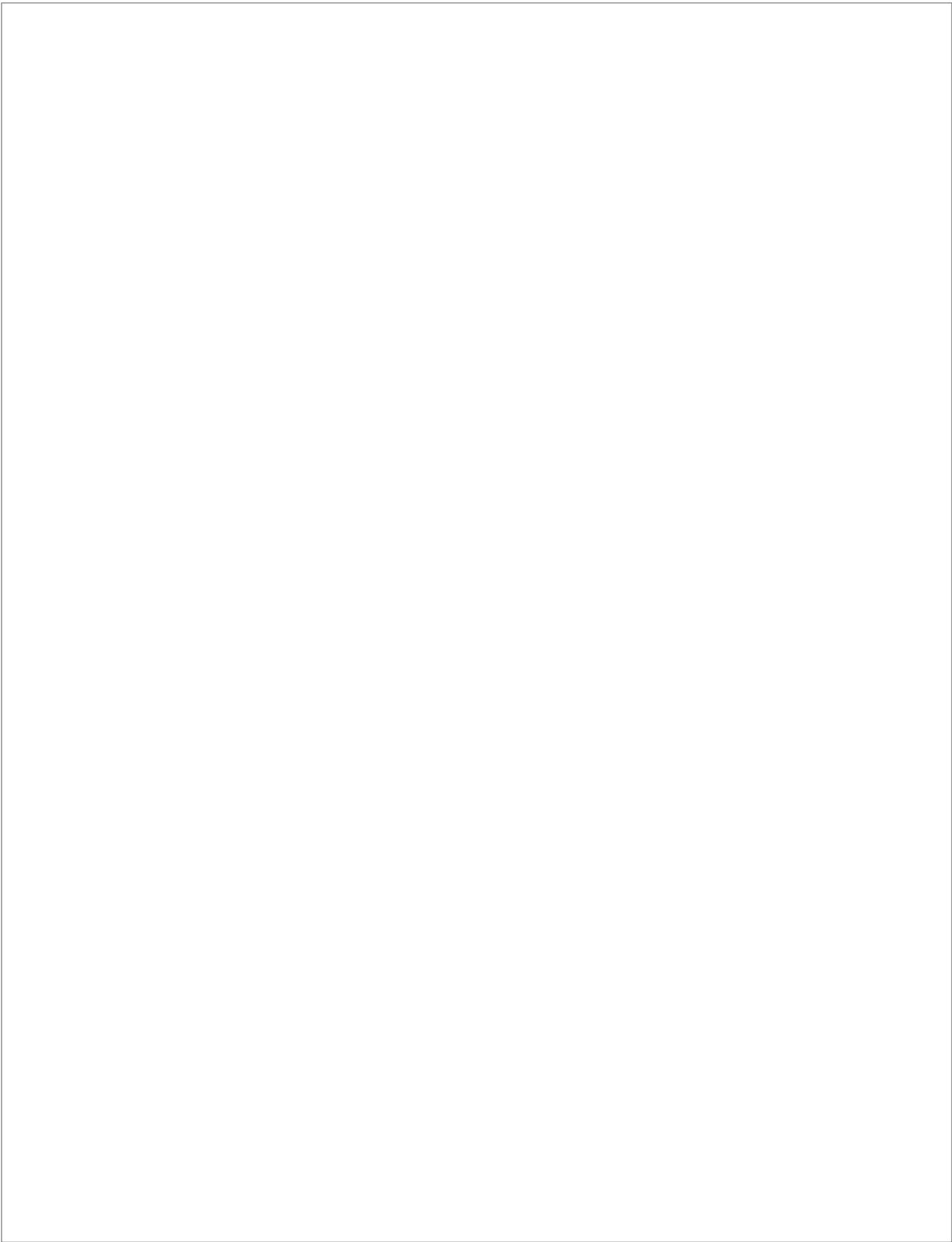
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Anexo III: Otras publicaciones

9. Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos
10. El Patrimonio escultórico en el aula. Actividades con tecnologías de Modelado e Impresión 3D.
11. El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D.
12. Innovación docente para convencido: Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil.
13. Creación de objetos de aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del registro fósil y rocas sedimentarias
14. La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología.
15. Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados.
16. El Patrimonio escultórico en el aula. Paper Toys: Modelos de papel para recortar y construir en 3D
17. Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Memoria

“Incorporación del patrimonio escultórico en contextos educativos mediante el uso de Impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste”

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de tesis se centra en el estudio de la incorporación del patrimonio escultórico en el aula mediante el uso impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste. El estudio del patrimonio escultórico en educación es una recomendación de instituciones internacionales como la UNESCO que destacan la importancia de incrementar el respeto y el aprecio del patrimonio cultural mediante la educación, y determinan que debe ser un objetivo dentro de la educación artística. Por otro lado, dentro del currículo educativo, el patrimonio es un contenido transversal que se estudia en muchas asignaturas de todos los niveles educativos.

Para enseñar y divulgar el patrimonio escultórico, una actividad educativa habitual es la realización de visitas a las esculturas en su contexto donde poder apreciar todas las características que definen a un conjunto escultórico. Como no siempre existe esta posibilidad, se utilizan otras alternativas empleando diversos medios tales como: imágenes estáticas, video documentales, libros, fotocopias, diapositivas, acetatos, presentaciones, ordenadores, pizarras digitales, etc. Sin embargo, el patrimonio escultórico es tridimensional, por lo que existe una pérdida de información y se limita su comprensión al utilizar medios bidimensionales para su enseñanza y divulgación.

La evolución tecnológica, en cuanto a prestaciones y accesibilidad, está permitiendo plantear nuevas opciones para la enseñanza del patrimonio escultórico en los centros escolares. El uso de tecnologías accesibles y de bajo coste ofrece nuevas posibilidades en la creación de recursos docentes. Dentro de estas tecnologías, para la creación de contenidos 3D, han surgido aplicaciones gratuitas que al requerir muy poco aprendizaje pueden utilizarse para obtener modelos tridimensionales de patrimonio escultórico. También, han aparecido distintas opciones de escaneado tridimensional que permiten realizar la captura digital de cualquier elemento escultórico físico. Finalmente, con la irrupción de las impresoras 3D en contextos educativos, ya es posible disponer a muy bajo coste, de réplicas a escala del patrimonio escultórico para ser utilizadas como material educativo.

Aunque el estudio del patrimonio escultórico se incluye en varias asignaturas como historia, sociales, etc. la relación entre la imagen bidimensional y el objeto tridimensional se estudia principalmente en la asignatura de Educación Plástica y Visual y la asignatura de Dibujo. Por lo tanto, la evaluación y validación de los trabajos se realizará en asignaturas de arte y dibujo.

13

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Para validar las tecnologías y el uso de modelos 3D en educación se han utilizado dos casos prácticos. Uno se centra en las esculturas pertenecientes a la I Exposición Internacional de Esculturas en la Calle de Santa Cruz de Tenerife. Se trabaja alrededor de estas obras por su cercanía, accesibilidad, idoneidad e importancia como patrimonio de esta ciudad. El segundo caso práctico se centra en el patrimonio fósil marino de Canarias. Aunque dicho patrimonio no es el objeto de la tesis, éste comparte las características tridimensionales de las esculturas , por lo que se ha utilizado dicho caso práctico para evaluar diversas tecnologías 3D en entornos educativos.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

2. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIDAD TEMÁTICA DE LOS ARTÍCULOS

Durante esta tesis se han realizado varios trabajos que se han publicado en libros, congresos y artículos en revistas científicas. Todo el trabajo relevante asociado a esta tesis está recogido en ocho artículos científicos, de los cuáles cinco están publicados a fecha de depósito de la tesis y tres de ellos están en revisión en revistas indexadas.

La tesis se presenta por compendio de publicaciones. Dichas publicaciones están estructurados en tres anexos adjuntos.

- I) Artículos publicados en revistas indexadas.
- II) Artículos, en proceso de revisión, enviados a revistas indexadas.
- III) Publicaciones en otros formatos (libros, congresos,...). En este anexo, se incluyen los resúmenes y artículos publicados en los congresos y las portadas de libros, así como algunas páginas de interés de los mismos.

Las publicaciones se han clasificado siguiendo las mismas fases planteadas en el anteproyecto de tesis.

En la fase I se analiza el interés y la problemática de los recursos destinados a la divulgación del patrimonio. Por otro lado, se analizan y evalúan tecnologías 3D (hardware y software) de bajo coste que permiten introducir el patrimonio escultórico en el aula, así como su difusión mediante réplicas, libros y entornos virtuales.

En la fase II se trabaja en torno a dos casos prácticos. Cada caso consiste en la creación de una colección de modelos 3D, utilizando las tecnologías estudiadas en la fase I.

La fase III se centra exclusivamente en el caso práctico de las esculturas urbanas de Santa Cruz de Tenerife. Los modelos 3D creados en la fase II, se transforman en recursos educativos utilizables en el aula y se valida la integración en el aula, la mejora del aprendizaje y la mejora de competencias espaciales, así como la satisfacción de los alumnos con dichos recursos tridimensionales.

La relación de las fases y sus correspondientes publicaciones se pueden ver en la Tabla 01, en la Tabla 02 y en la Tabla 03. La numeración utilizada en estas tablas se utilizara a lo largo de esta memoria para referirse a las publicaciones.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

FASE I		
Tabla 01: Publicaciones realizadas durante la fase I		
Artículos publicados en revistas Anexo I	Artículos en revisión en revistas Anexo II	Otras publicaciones Anexo III
Publicación nº 01		Publicación nº 09
<p>Artículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales” <p>Revista:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>El profesional de la Información.</i> <p>Índice de Impacto (2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> • WOS, JCR (0.71) <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Julio 2016 		<p>Capítulos en Libro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capítulo 2, 6 y 8 “Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos” <p>Editorial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BUBOK Internacional <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Junio de 2014. <p>ISBN papel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 978-84-686-5345-7
Publicación nº 02		
<p>Artículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D” <p>Revista:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>EKS (Education in The Knowledge Society).</i> <p>Base de Datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latindex <p>Índice de Impacto (2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Journal Scholar Metrics H5=11 <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Junio 2015 		

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

FASE II		
Tabla 02: Publicaciones realizadas durante la fase II		
Artículos publicados en revistas Anexo I	Artículos en revisión en revistas Anexo II	Otras publicaciones Anexo III
Publicación nº 03	Publicación nº 06	Publicación nº 10
<p>Artículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> “Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos” <p>Revista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Arte, individuo y Sociedad</i>. <p>Índice de Impacto (2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> SCOPUS, SJR= 0,123 <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Diciembre 2015 	<p>Artículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> “Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional” <p>Revista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>EDUTEC. Revista electrónica de Tecnología Educativa</i>. <p>Base de Datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Latindex <p>Índice de Impacto (2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> Journal Scholar Metrics H5=12 	<p>Libro:</p> <ul style="list-style-type: none"> “El Patrimonio escultórico en el aula. Actividades con tecnologías de Modelado e Impresión 3D” <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Abril 2015 <p>ISBN:</p> <ul style="list-style-type: none"> 9781326246631
Publicación nº 04		Publicación nº 11
<p>Artículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> “Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste: Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias.” <p>Revista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>EKS (Education in The Knowledge Society)</i> <p>Base de Datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Latindex <p>Índice de Impacto (2015):</p> <ul style="list-style-type: none"> Journal Scholar Metrics H5=11 <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Diciembre 2016 		<p>Comunicación en Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> “El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D” <p>Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC). Madrid</i> <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Octubre 2015 <p>ISBN:</p> <ul style="list-style-type: none"> 978-84-608-2907-2
		Publicación nº 12
		<p>Capítulo en Libro:</p> <ul style="list-style-type: none"> Innovación docente para convencidos (VI Jornadas de Innovación Educativa ULL). Capítulo: “Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil” <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Noviembre 2016 <p>ISBN:</p> <ul style="list-style-type: none"> 978-84-617-6450-1
		Publicación nº 13
		<p>Comunicación en Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> “Creación de objetos de aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del registro fósil y rocas sedimentarias” <p>Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL</i> <p>Certificado de ponente.</p> <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayo 2016
		Publicación nº 14
		<p>Comunicación en Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> “La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología” <p>Congreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>XXXI Jornadas de Paleontología Jaén</i>. <p>Fecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> Octubre 2015 <p>ISBN:</p> <ul style="list-style-type: none"> 978-84-8439-920-9

17

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

FASE III		
Tabla 03: Publicaciones realizadas durante la fase III		
Artículos publicados en revistas Anexo I	Artículos en revisión en revistas Anexo II	Otras publicaciones Anexo III
Publicación nº 05	Publicación nº 07	Publicación nº 15
<p><u>Artículo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> “Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano.” <p><u>Revista:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa) <p><u>Base de Datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Latindex Emerging Sources Citation Index (Web of Science, WOS). <p><u>Índice de Impacto (2015):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Journal Scholar Metrics H5=8 <p><u>Fecha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Diciembre 2016 	<p><u>Artículo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> “Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper Toys” <p><u>Revista:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. <p><u>Base de Datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Latindex <p><u>Índice de Impacto (2015):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Journal Scholar Metrics H5=13 	<p><u>Comunicación en Congreso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> “Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados” <p><u>Congreso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL. Certificado de ponente. <p><u>Fecha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Mayo 2016
	Publicación nº 08	Publicación nº 16
	<p><u>Artículo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> “3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education” <p><u>Revista:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> IJADE. International Journal of Art and Design Education <p><u>Índice de Impacto (2015):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> WOS; JCR = 0,263. 	<p><u>Libro:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> El Patrimonio escultórico en el aula. Paper Toys: Modelos de papel para recortar y construir en 3D. <p><u>Fecha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Septiembre 2015 <p><u>ISBN:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 9781326415044
		Publicación nº 17
		<p><u>Libro:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> “Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D.” <p><u>Editorial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> BUBOK Internacional <p><u>Fecha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Mayo 2016 <p><u>ISBN:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 978-84-686-8949-9

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

3. RESUMEN GLOBAL DE LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Los objetivos de este trabajo de tesis son los siguientes:

- Análisis del interés de la difusión del patrimonio.
- Análisis de posibilidades para la difusión de objetos 3D en entornos educativos.
 - Estudio de creación de réplicas 3D mediante métodos tradicionales.
 - Análisis de métodos de bajo coste para la difusión de réplicas 3D digitales.
- Analizar y valorar tecnologías de bajo coste que permiten crear réplicas 3D.
 - Análisis de software y hardware de bajo coste para la creación e impresión de modelos 3D.
- Análisis de videojuegos de bajo coste que permitan la construcción de modelos 3D.
 - Diseñar actividades con dichos juegos para entornos educativos.
- Selección de casos prácticos para realizar colecciones de objetos 3D de patrimonio mediante tecnologías de bajo coste.
 - Realizar y validar réplicas digitales y tangibles de dichas colecciones
 - Diseño de procedimientos generales para creación, visualización e impresión 3D de réplicas de patrimonio
 - Realización de recursos para la difusión de las colecciones 3D de los casos prácticos.
- Validación de parámetros educativos (aprendizaje, comprensión espacial, motivación,...) mediante la utilización de recursos 3D para la enseñanza del patrimonio.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

4. METODOLOGÍA

4.1. Fase I.

En esta fase la metodología seguida ha sido la siguiente:

- Revisión bibliográfica para evaluar la importancia que tiene el conocimiento del patrimonio y las recomendaciones de su inclusión en entornos educativos., así como el interés y la problemática de los recursos destinados a la enseñanza y divulgación del patrimonio.
- Revisión bibliográfica y prueba piloto (beta tester), para realizar un análisis de nuevas tecnologías 3D de bajo coste.
- Estudio de estrategias para la incorporación de modelos 3D en libros para la difusión de contenidos con objetos 3D en entornos escolares.
- Análisis de la incorporación de modelos 3D en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a través de repositorios online.

4.2. Fase II.

La metodología de la fase II está basada en la realización de casos prácticos. Una vez seleccionado los casos prácticos se han realizado las siguientes etapas:

- Realización de un prototipo perteneciente al caso práctico escogido.
 - o Selección de tecnologías para crear el modelo 3D digital.
 - o Selección de tecnologías para crear una réplica tangible.
 - o Creación de una réplica.
 - o Análisis de la viabilidad económica en entornos escolares.
 - o Realización de sondeos de opinión entre alumnos y profesores.
- Definición de un procedimiento general para la creación de réplicas de objetos tridimensionales.
- Creación de los modelos 3D, digitales y tangibles, del resto de la colección de objetos 3D del caso práctico, siguiendo el procedimiento general.
- Realización de recursos para la difusión de los modelos 3D del caso práctico.
 - o PDF interactivo con enlaces digitales.
 - o iBook
 - o Libros de papel con códigos QR
 - o Libros Paper Toys
 - o Caja de réplicas
 - o Repositorio online
- Realización de sondeos de opinión entre alumnos y profesores sobre los recursos diseñados.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

4.3. Fase III.

La fase III, se centra exclusivamente en el caso práctico de las esculturas urbanas de Santa Cruz de Tenerife. Para evaluar los recursos creados en la fase II, se utiliza una metodología cuantitativa para medir parámetros que afectan a la integración de los recursos 3D en el aula,

Tabla 04: Evaluación educativa de los recursos 3D

	Paper Toys (Modelos 3D de papel)	Réplicas 3D (digitales y tangibles)	Visitas virtuales (Minecraft)
Aprendizaje			✓
Integración	✓		✓
Temporalización	✓		✓
Aceptación	✓	✓	✓
Visualización espacial		✓	

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5. RESULTADOS

5.1. Fase I

El interés de incluir el patrimonio escultórico en el aula, así como su problemática, se ha abordado en varias publicaciones de esta tesis.

El interés y la divulgación del patrimonio se ha analizado principalmente en la publicación **nº 07**: *“Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys”*. Tanto en la introducción como en el capítulo específico sobre divulgación del patrimonio se indica que varios organismos (Eurydice, 2009; UNESCO, 2006; BOE, 2015; BOC, 2016) recomiendan la inclusión del patrimonio en las aulas.

Las limitaciones de estudiar el patrimonio tridimensional mediante recursos bidimensionales se analizan en la publicación **nº 06**: *“Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional”*. En el artículo se analizan entornos donde se usan modelos tridimensionales para el aprendizaje y se describen las posibilidades de usar modelos 3D digitales o réplicas impresas en 3D para solventar las limitaciones de aprender mediante recursos bidimensionales.

El coste y la dificultad de realizar réplicas tridimensionales han limitado, hasta ahora, el acceso al patrimonio escultórico de carácter local en un aula. Se describe esta problemática en la publicación **nº 03**: *“Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos”* y en la publicación **nº 04**: *“Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias”*. En estas publicaciones también se abordan algunos aspectos legales relacionados con la creación de réplicas y su uso en entornos escolares.

Las visitas al patrimonio escultórico no siempre son factibles, y para ello se plantean las visitas virtuales como alternativa. Esta problemática se estudia en el artículo **nº 05**: *“Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano”*.

El estudio de las tecnologías (Hardware, software y videojuegos de bajo coste) realizados a lo largo de la tesis se desarrolla a partir de un trabajo anterior realizado por Jorge de la Torre Cantero (de la Torre-Cantero, 2013) que propone la suite Autodesk 123D de y el programa SketchUp de Trimble como nuevos paradigmas del modelado 3D en entornos educativos. Partiendo de este trabajo, se analizan nuevos programas que tengan las mismas características que los indicados en dicha tesis doctoral.

Las tecnologías analizadas son, en su mayoría, de reciente aparición y están en continua evolución y desarrollo. Las aplicaciones evaluadas se pueden ver en las **Tabla 05**, **Tabla 06** y **Tabla 07**.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Tabla 05: Software (programas y aplicaciones)

Clasificación	Aplicación	Descripción	Sistema operativo
Reconstrucción Fotográfica	123D Catch	Generar modelos 3D de objetos reales a partir de fotografías.	iOS, Android, Navegador web, Windows y Mac OS
	Recap 360°	Generar modelos 3D de objetos reales a partir de fotografías.	Navegador web
Modelado 3D geométrico	123D Design	modelado 3D geométrico que se basa en programas de modelado de AutoCad	iOS, Windows y Mac OS
	Formit	Es un modelador 3D enfocado para arquitectos que permite realizar bocetos en 3D.	iOS, Android
	Tinkercad	Programa de modelado 3D que funciona a partir de unir formas básicas y convertir formatos.	iOS, Android, Navegador web
	Sketchup	Programa que permite modelar en 3D.	Windows y Mac OS
Video Juegos	Pottery	Un juego que imite el proceso de crear jarrones de arcilla	iOS, Android
	Blokify	Un juego tipo lego que permite crear libremente con bloques cuadrados.	iOS
	Minecraft	Mundo virtual en 3D donde se construye a partir de bloques	Ordenador, iPad, Tableta
Personalizar Video juego Minecraft	World painter	Permite "pintar" un paisaje en Minecraft	Windows
	World edit	Permite cambiar y dar forma al juego Minecraft.	Windows
	MC Edit	Permite editar el mundo de Minecraft.	Windows
Creación 3D	Tinkerplay*	Crea robots y muñecos mediante segmentos prediseñados.	iOS
	Cookiecaster*	Crea moldes de galletas mediante herramientas de dibujo o imágenes de siluetas.	Navegador web
	Shapeshifter*	Una aplicación que permite crear tipo pulseras, jarrones modificando parámetros	Navegador web
Modelado orgánico	Sculptris	Permite esculpir y diseñar modelo orgánicos	Windows y Mac OS
	123D Sculpt +	Diseño de criaturas, monstruos y cualquier personaje.	iOS
	123D Sculpt	Permite editar formas básicas	iOS
Editor de mallas	Meshmixer	Es una herramienta para mezclar, esculpir, pintar, limpiar y reparar grandes mallas 3D. Sirve para editar y manipular los modelos realizados con todos los programas anteriores.	Windows y Mac OS
Creación de modelos 3D tangibles	123D Make	Convierte modelos digitales en plantillas para la construcción de un modelo 3D a mano con cartón o goma eva.	iOS, Windows y Mac OS
	Pepakura Designer	Convierte modelos 3D en plantillas de papel	Windows
	Makerware (Software de la impresora Makerbot)	Software que permite preparar los ficheros 3D para su impresión en una impresora 3D	Windows y Mac OS
Software de Escaneo 3D mediante nube de puntos.	Makerbot Digitizer	Software para escáner de plato giratorio que escanea objetos hasta 20 cm.	Windows y Mac OS
	Itseez 3D	Programa del escáner que funciona junto a un iPad, escanea desde objetos pequeños hasta habitaciones enteras	iOS
	Sense para Ordenador*	Software para escáner que funciona junto a un ordenador. Escanea desde objetos pequeños hasta habitaciones enteras	Windows y Mac OS
Visualizador 3D	Meshlab	Visualizador de modelos tridimensionales	iOS, Android, Windows y Mac OS
	Graphite	Visualizador de modelos tridimensionales	Android
	Sketchfab	Visualizador de modelos tridimensionales	Navegador web

23

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Tabla 06: Creación de libros (digitales y de papel) con modelos 3D

Programa	Descripción	Sistema operativo
iBooks Author	Programa gratuito para Mac que permite crear libros incluyendo, entre otros, modelos 3D interactivos.	iOS
Adobe Pdf Pro	Editor de ficheros PDF que permite incluir, entre otros, modelos 3D interactivos	Windows y Mac OS
Procesador de texto gratuito	Programas de texto tipo Word que permiten incluir imágenes y enlaces.	iOS, Android, Windows y Mac OS
UrlShortener	Aplicación online que permite acortar direcciones web muy largas	Navegador web
QR Generator	Aplicación online que permite crear códigos QR de direcciones web.	Navegador web

Tabla 07: Hardware

Hardware:	Descripción:
Escáner 3D iSense	Escáner que funciona acoplado a un iPad mediante software gratuito
Escáner 3D 3DSense*	Escáner de mano que funciona enchufado a cualquier ordenador mediante software gratuito
Escáner 3D Makerbot	Escáner de plato giratorio que funciona conectado a cualquier ordenador mediante software gratuito
Escáner 3D Kinect*	Escáner de mano que funciona conectado a cualquier ordenador mediante software de bajo coste
Impresora 3D Makerbot Replicator 2	Impresora 3d de bajo coste (FDM con PLA)
Dispositivos digitales	Smartphone Android
	iPhone
	iPad
	Tableta Samsung
	Ordenador / PC/ Mac

Un estudio de las aplicaciones o juegos de modelado 3D, adecuados para entornos educativos, se ha incluido en la publicación **nº 09: Capítulo 2, 6 y 8 “Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos”**. Dicho libro resume una serie de actividades que combinan el aprendizaje con dispositivos móviles de pantalla táctil, el uso de juegos, el prototipado y la impresión 3D para desarrollar habilidades de visión espacial y de creatividad en los estudiantes.

Los capítulos publicados dentro del libro son: 2) “*Blokify: Diseña e Imprime tus Estructuras en 3D*”; 6) “*Trabaja las expresiones faciales con 123D Sculpt*” y 8) “*Juego de Modelado 3D para la Aproximación a las Figuras de Revolución*”.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

De entre las aplicaciones analizadas en esta fase, se realizó una propuesta de actividades con las aplicaciones Blokify y Pottery. Dicha propuesta se detalla en la publicación **n° 02**: *“Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D”*. En este artículo se analiza el uso de juegos y videojuegos en educación. Además se describe los antecedentes y la evolución de tecnologías como las tabletas digitales, la impresión 3D y el modelado tridimensional en contextos educativos.

Para introducir los juegos de modelado 3D en entornos educativos se buscaron posibilidades para realizar actividades que fueran parte del currículo educativo. Se diseñaron actividades para incluir en la asignatura Educación Plástica y Visual y la asignatura Dibujo Técnico, ya que en éstas se trabaja la relación entre figuras tridimensionales y su representación bidimensional, como por ejemplo en la representación de las vistas normalizadas y el estudio de las figuras de revolución.

En la publicación **n° 02** se propone la app Blokify para complementar el aprendizaje de las vistas normalizadas como planta, alzado y perfil. Blokify permite modelar en 3D mediante cubos tipo lego, posibilitando imprimir en 3D todas las construcciones. Además, el artículo presenta una actividad con la app Pottery que permite introducir un ejercicio de aprendizaje de las figuras de revolución en un aula, utilizando tabletas digitales. La app imita el proceso de creación de figuras de arcilla en un torno permitiendo generar cuerpos por revolución.

Existen múltiples aplicaciones que crean objetos 3D siguiendo el mismo proceso que Blokify, entre ellas destaca Minecraft. Este videojuego además de construir con bloques, permite incorporar modelos 3D creados con otros programas y diseñar un mundo virtual que se puede recorrer con una instrucción mínima. En la publicación **n° 5**: *“Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano”* se detalla el uso de los videojuegos en educación, se describe el videojuego Minecraft y se analiza su uso en entornos educativos. Además, se detallan los programas utilizados para crear un mundo propio en el videojuego y por último se describe el procedimiento utilizado para personalizar ese mundo, introduciendo modelos 3D del patrimonio escultórico.

Para crear los modelos 3D del patrimonio escultórico, que se incorporaron, por ejemplo en el mundo de Minecraft, se han usado varios programas y aplicaciones de bajo coste estudiadas durante la fase I (Tabla 1). El primer modelo 3D digital de una escultura se ha creado mediante las aplicaciones gratuitas de reconstrucción fotográfica Autodesk 123D Catch y Autodesk Recap 360. Dichos programas permiten generar los ficheros necesarios para poder imprimir los modelos en una impresora 3D, creando réplicas del patrimonio. En este sentido, en la publicación **n° 03**: *“Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos”*, se detallan los antecedentes, la evolución y se describen las tecnologías de fotogrametría y se analiza el uso de las impresoras 3D en educación.

Además, se ha estudiado cómo incorporar objetos tridimensionales en libros digitales o de papel para su divulgación en entornos educativos. En los libros, es habitual encontrar contenidos de texto y gráficos como imágenes, dibujos, esquemas, etc. La investigación se centra en el análisis de diferentes tecnologías que permiten introducir un objeto 3D en los libros.

La investigación está descrita en la publicación **n° 01**: *“Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales”*. El trabajo ha consistido en describir y analizar 9 opciones para incluir modelos tridimensionales, en este caso una escultura,

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

en libros en formato tradicional de papel, así como en libros en versión electrónica tanto para PC como para dispositivos móviles. Para mostrar el trabajo se han creado prototipos descargables para comprobar y mostrar cada una de las posibilidades.

Los formatos de libros que permiten incluir modelos 3D pueden ser desde Pop-Ups, Paper Toys (recortables), enlaces en libros digitales a modelos tridimensionales online o a modelos que se pueden descargar. Otra opción es la de incluir códigos QR en los libros de papel, permitiendo con ello el acceso a la descarga de modelos 3D disponibles en un repositorio online y visualizarlos a través de un Smartphone o Tableta Digital. Además se analizan dos formatos digitales que incorporan modelos tridimensionales de manera directa, el iBook disponible para Mac Os y el PDF 3D que se puede leer en cualquier ordenador.

Se presentan y describen las tecnologías para facilitar al profesorado la elección de las posibilidades de incluir un modelo 3D en un libro como recurso educativo. Se podrá optar por una u otra alternativa dependiendo del tipo de libro que se quiera crear, los recursos disponibles, los conocimientos tecnológicos de los autores y los destinatarios finales.

El estudio que aborda la incorporación de objetos 3D en un libro ha llevado a la creación de un catálogo de esculturas con acceso a modelos 3D interactivos y descargables que se detalla en la publicación **nº 06**: *“Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional”*. En este artículo, se describe el uso de enlaces o códigos QR para incorporar un modelo tridimensional en un libro. Dicho modelos se pueden visualizar o descargar para crear réplicas impresas en 3D.

También se ha realizado un trabajo para la incorporación de objetos 3D en un libro mediante Paper Toys, dicho trabajo se puede consultar en la publicación **nº 07**: *“Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper Toys”*. El artículo detalla las tecnologías de bajo coste utilizadas para la creación de los Paper Toys, desde el modelado 3D y las aplicaciones que permiten transformar los modelos 3D en láminas para construir objetos tridimensionales en papel.

El estudio de cómo incorporar objetos tridimensionales en libros se ha aprovechado para crear un prototipo de libro multimedia realizado en formato iBook que se presenta en la publicación **nº 12**: *“Innovación docente para convencidos: Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil”*. El artículo, además describe la creación de un objeto de aprendizaje que incluye una réplica impresa y que permite el acceso, utilizando un código QR, al iBook, a modelos 3D en Realidad Aumentada, a modelos 3D para visualizar o descargar y a un Pop-Up para construir.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.2. Fase II

Para desarrollar esta fase se realizan dos casos prácticos. Como primer caso práctico, se han seleccionado las esculturas urbanas de Santa Cruz de Tenerife. El segundo caso práctico, se ha desarrollado en torno al patrimonio fósil marino de Canarias. Aunque dicho patrimonio no es escultórico, para su estudio y difusión en entornos escolares, los fósiles estudiados se pueden considerar -a efectos de esta tesis- como objetos 3D con complejidades y problemáticas similares a las esculturas. Debido a esto, los resultados obtenidos en el estudio del caso práctico de los fósiles, se consideran extrapolables al de las esculturas urbanas de Santa Cruz.

En los dos casos se ponen en práctica tecnologías de bajo coste para crear y divulgar recursos educativos tridimensionales. En las publicaciones se describe el procedimiento seguido, se realizan valoraciones económicas y tecnológicas y se efectúan sondeos de opinión en entornos educativos sobre el uso de modelos 3D en la enseñanza. En la siguiente tabla se pueden observar los procedimientos realizados para cada uno de los casos prácticos:

Tabla 08: Procedimientos realizados para cada uno de los casos prácticos

Caso Práctico:	Patrimonio Escultórico	Patrimonio Fósil
Realización de un prototipo perteneciente al caso práctico escogido.	Guerrero Goslar	Strombus Bubonius
Seleccionar tecnologías para crear el modelo 3D digital.	Fotogrametría	Escáner giratorio
Seleccionar tecnologías para crear una réplica tangible.	Impresora 3D	Impresora 3D
Crear una réplica.	✓	✓
Analizar la viabilidad económica en entornos escolares.	✓	✓
Realizar sondeos de opinión entre alumnos y profesores.	✓	
Definición un procedimiento general para la creación de réplicas de objetos tridimensionales.	✓	
Creación de los modelos 3D, digitales y tangibles, del resto de la colección de objetos 3D del caso práctico, siguiendo el procedimiento general.	✓	✓
Realización de recursos para la difusión de los modelos 3D del caso práctico.		
PDF interactivo con enlaces digitales	✓	
iBook	✓	✓
Libros de papel con códigos QR	✓	
Libros Paper Toys	✓	
Caja de réplicas	✓	✓
Repositorio online	✓	✓
Realización de sondeos de opinión entre alumnos y profesores sobre los recursos desarrollados.	✓	✓

27

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.2.1 Caso práctico I: Patrimonio escultórico de Santa Cruz

Para iniciar el trabajo de este caso práctico se selecciona la escultura de Henry Moore “El Guerrero de Goslar” que se encuentra en la rambla de Santa Cruz de Tenerife. La elección de esta escultura para realizar el trabajo obedece a criterios de accesibilidad y de relevancia, dado que está declarada como Bien de Interés Cultural desde 2007.

Para la realización de la réplica, se utilizaron dos aplicaciones gratuitas de captura tridimensional mediante fotogrametría: Autodesk 123D Catch y Autodesk Recap 360. Estos programas crean modelos tridimensionales digitales a partir de una serie de fotografías (59 imágenes) realizadas a la obra. El modelo digital obtenido se transforma en una réplica a escala de la escultura mediante impresión 3D.

En este trabajo, se realizó un estudio de costes de la creación de una réplica mediante impresoras 3D que nos permita validar la posibilidad de integrar dicha opción en entornos educativos. En dicho estudio, se detallan los precios según distintas alternativas de impresión, por un lado, usando un impresora 3D propia, y por otro, servicios de impresión 3D, tanto online como locales. Los costes varían desde 1 euro en una impresora propia hasta 23 euros en un servicio local. En los servicios online también se consultaron los precios de diferentes materiales, aparte del plástico tradicional que utilizan las impresoras 3D de bajo coste, como bronce, resina, etc.

Posteriormente, se utiliza la réplica de la escultura de Henry Moore para obtener unas primeras valoraciones sobre el uso de réplicas impresas en 3D en el aula, se realizó un sondeo de opinión a 141 alumnos de varios colegios del municipio de Los Realejos (Tenerife), con niveles de 1º a 4º de la ESO. Además, en dicho sondeo, participan 12 profesores. Los resultados de la encuesta han sido favorables hacia la inclusión de réplicas 3D en entornos educativos.

Todo el proceso anterior está detallado en la publicación **nº 3**: “*Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos*”.

A partir de este prototipo, se realiza un procedimiento para crear, manipular y trabajar con modelos tridimensionales digitales y tangibles en el aula. Para adecuar estas opciones a cualquier docente o alumnos en diversos contextos geográficos se crea la publicación **nº 10**: “*El Patrimonio escultórico en el aula. Actividades con tecnologías de Modelado e Impresión 3D*”. Este libro presenta trece actividades para introducir el patrimonio escultórico en el aula haciendo uso de tabletas digitales, ordenadores e impresoras 3D. Además, se ofrecen otro tipo de actividades que pueden realizarse sin utilizar tecnologías digitales.

Para obtener una primera valoración del uso de las tecnologías presentadas en el libro, se realizó una experiencia con alumnos del “Máster Universitario en Formación del Profesorado: especialidad en Dibujo, Diseño y Artes Plásticas” de la Universidad de La Laguna. Dicha valoración está detallada en la publicación **nº 11**: “*El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D*”. Los alumnos valoraron las tecnologías como sencillas y puntúan positivamente el hecho de disponer de una impresora 3D en el aula.

A partir de los procedimientos descritos en la publicación **nº 10**, se realiza el proceso de digitalización de las 27 esculturas pertenecientes a la I Exposición Internacional de Esculturas en la Calle de Santa Cruz de Tenerife a la que también pertenece la obra de

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Henry Moore. Una vez se disponen de todos los modelos 3D, para su difusión se crean los siguientes recursos:

1) PDF interactivo con enlaces digitales	✓
2) iBook	✓
3) Libros de papel con códigos QR	✓
4) Libros Paper Toys	✓
5) Caja de réplicas	✓
6) Repositorio online	✓

Los modelos 3D se han agrupado en la publicación **nº 16**: *“Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D”*. En este catálogo se describen las 27 esculturas con una ficha técnica (Nombre, descripción, autor, año, materiales, dimensiones y link con información adicional), una o varias imágenes de cada escultura y un mapa esquemático con su ubicación.

Sin embargo, frente a un **catálogo convencional**, el aspecto innovador de este catálogo radica en la incorporación de los modelos tridimensionales de cada una de las 27 esculturas. Para ello, en cada ficha se añaden dos enlaces: uno para acceder a la visualización online del modelo 3D y otro para poder descargar e imprimir la escultura en una impresora 3D. El diseño del catálogo permite el acceso a los contenidos tanto desde su versión digital como en su versión en papel.

Otro aspecto singular del diseño del catálogo es la posibilidad de acceder, desde la misma publicación, al packaging de una caja con la que se puede confeccionar un kit didáctico con las réplicas de las esculturas impresas en 3D. En la publicación **nº 6**: *“Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional”*, se describe el proceso seguido en la realización del catálogo de esculturas y la caja con las réplicas de las esculturas. Además, se incluyen los datos del análisis de tiempos de impresión 3D de las 27 réplicas de las esculturas, el consumo de material y sus costes. En este artículo, también se presentan los datos de la encuesta de satisfacción realizada a alumnos de 1º Bachillerato del colegio MM. Dominicas Vistabella (Tenerife). Dichos datos, muestran una alta valoración sobre las tecnologías empleadas y la preferencia de los alumnos por las réplicas de las esculturas impresas en 3D frente a la visualización del modelo 3D digital.

Como parte de este caso práctico, también se realizó un prototipo de catálogo en formato de iBook multimedia con los modelos 3D de las esculturas. Este ejemplo, se detalla en el Capítulo 2.2.1: *“Libro digital en formato iBook”* de la publicación **nº 01**: *“Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales”*. En este artículo se dispone de un enlace para poder descargar dicho prototipo de catálogo multimedia.

Además de los formatos descritos, con la publicación **nº 16**: *“El Patrimonio escultórico en el aula. Paper Toys: Modelos de papel para recortar y construir en 3D”*, se pretende realizar una aproximación lúdica al patrimonio escultórico abordado en este caso práctico, sin la necesidad de tecnologías digitales para la construcción de réplicas. En su formato en papel, este catálogo de Paper Toys, posibilita la creación de las réplicas de las esculturas con tan solo tijeras y pegamento.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

5.2.2. Caso práctico II: Patrimonio Fósil Marino Canario

Los fósiles son objetos tridimensionales que con complejidades de difusión, acceso y aprendizaje similares a las de las esculturas. El tamaño de los fósiles escogidos (entre 2- 20 cm) nos permiten experimentar con tecnologías diferentes a las del caso práctico de las Esculturas de Santa Cruz.

Este caso práctico está detallado en la publicación **nº 04**: “*Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias*” y en la publicación **nº 12**: “*Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil*”.

Para iniciar este caso práctico se selecciona el fósil Marino Strombus Bubonius por su importancia dentro del patrimonio fósil canario. Para obtener el modelo digital tridimensional se utiliza el escáner de plato giratorio, Makerbot Digitizer. Este escáner permite digitalizar los fósiles de tamaño medio y pequeño (2-20 cm de diámetro). Finalmente, el modelo digital se imprime con una impresora 3D para crear una réplica.

Una vez elegida la tecnología de escaneado 3D y la creación de réplicas se seleccionan 18 fósiles marinos característicos de los depósitos costeros del Neógeno y Cuaternario de las Islas Canarias. Este material está depositado en la colección de prácticas del Área de Paleontología del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de la Sección de Biología de la Universidad de La Laguna. Las réplicas de los 18 fósiles mencionados se realizan siguiendo el mismo proceso que con la del Strombus Bubonius.

Una vez se disponen de todos los modelos 3D, se crean los siguientes recursos para difundir estos contenidos:

1) PDF interactivo con enlaces digitales	
2) iBook	✓
3) Libros de papel con códigos QR	
4) Libros Paper Toys	
5) Caja de réplicas	✓
6) Repositorio online	✓

Los modelos digitales 3D se han incorporado a un repositorio online para poder acceder a ellos desde cualquier dispositivo móvil con conexión a internet. Las réplicas impresas se han dispuesto en una caja de estudio como las que se usan habitualmente en la enseñanza. Como en el caso práctico anterior, se realizó un estudio de costes y temporalización de la creación de las **réplicas** mediante impresoras 3D de bajo coste. El tiempo necesario para imprimir las 18 réplicas de los fósiles seleccionados es de 20 horas. Dependiendo del material, el coste de imprimir las 18 réplicas en una impresora propia está entre 6,80 y 22,60 euros.

Todos los recursos creados se han expuesto a 70 alumnos del Grado de Biología de la Universidad de La Laguna a los que se les pasa una encuesta para que los valoraren.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Los resultados de dicha encuesta indican que los alumnos consideran el aprendizaje con los recursos 3D un buen complemento a los recursos tradicionales.

Además, se llevó a cabo una práctica con alumnos de paleontología, donde éstos realizaron réplicas de fósiles mediante su escaneado e impresión 3D. El trabajo, concretado en la publicación **nº 13**: “*Creación de objetos de aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del registro fósil y rocas sedimentarias*” formó parte de un proyecto de innovación educativa y se presentó en las VI Jornadas de Innovación de la ULL.

El diseño de un catálogo en formato iBook multimedia en el que se incluyen los modelos tridimensionales de los fósiles se presenta en la publicación **nº 14**: “*La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología*”. La investigación percibe los modelos tridimensionales de los fósiles como vehículos para introducir las tecnologías 3D en las aulas y contribuir a la denominada alfabetización digital de los usuarios.

Una vez que se dispone de la colección del patrimonio fósil en modelos digitales y la caja con las réplicas, se procede a elaborar un objeto de aprendizaje tridimensional que contiene los 18 fósiles marinos canarios. El material diseñado se enseñó a 32 alumnos del grado de Biología de la asignatura de paleontología y se divulgó en varias ferias de vocaciones científicas e innovación en Tenerife. Los estudiantes muestran mucho interés en disponer de este tipo de materiales interactivos para su aprendizaje. La descripción y los resultados se pueden consultar en la publicación **nº 12**: “*Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil*”.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.3. Fase III

La fase III, se centra exclusivamente en el caso práctico de las esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Los recursos creados en la fase II, se testean de cara a su posible integración en la práctica educativa, en evaluar la mejora del aprendizaje y la mejora de competencias espaciales, así como medir la satisfacción de los alumnos con dichos recursos tridimensionales. Las pruebas de campo realizados han sido los siguientes:

- I) Transformación de los modelos 3D en un videojuego para realizar visitas virtuales de las esculturas y mejorar el aprendizaje.
 - a. Construcción de un mundo virtual en Minecraft

- II) Transformación del material educativo de la fase II (catálogo y caja de esculturas de Santa Cruz de Tenerife) en una actividad de mejora de la comprensión espacial.
 - a. Creación de un test de visualización 3D para las esculturas de Santa Cruz para la interpretación de la forma tridimensional.

- III) Transformación de los modelos 3D en objetos de papel (Paper Toys):
 - a. Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys en entornos educativos

Tabla 09: Parámetros evaluados en las pruebas de campo

	Visitas virtuales (Minecraft)	Paper Toys (Modelos 3D de papel)	Réplicas 3D (digitales y tangibles)
Aprendizaje	✓		
Integración en el aula	✓	✓	
Temporalización	✓	✓	
Aceptación	✓	✓	✓
Visualización espacial			✓

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.3.1. Prueba de campo I

Una opción para enseñar el patrimonio escultórico de una ciudad es realizar excursiones y visitas para ver las obras en su entorno. Estas visitas pueden suponer una actividad educativa de primer orden, dado que además de poder apreciar todas las características que pueden definir un obra escultórica, se puede apreciar el contexto en el que se encuentra un elemento patrimonial urbano. Sin embargo, este tipo de actividad no siempre es viable.

Dado que la colección de **réplicas impresas de las esculturas** realizadas en la Fase II, son objetos descontextualizados geográficamente, se decidió diseñar un recorrido virtual 3D que simulara el recorrido urbano donde se ubican las esculturas. Para ello se escogió el videojuego de bajo coste Minecraft, debido a que permite personalizar el entorno y que un alto porcentaje del alumnado lo conoce. Dicho trabajo se recoge en la publicación **nº 15: “Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados”** y formó parte de un proyecto de innovación educativa que se presentó en las VII Jornadas de Innovación de la ULL. En este trabajo se realizó en el entorno del videojuego Minecraft una recreación en 3D del espacio urbano donde están ubicadas las esculturas. En concreto, la rambla y el parque García Sanabria de Santa Cruz de Tenerife, donde se posicionaron las esculturas en tres dimensiones en su ubicación real.

El mundo de Minecraft diseñado, se validó con estudiantes de la especialidad de Dibujo, Diseño y Artes Plásticas del Máster de Profesorado de la Universidad de la Laguna. En dicha validación se midió el tiempo necesario para desarrollar la actividad, la dificultad del uso de esta tecnología y el aprendizaje mediante un examen sobre las esculturas. Al finalizar la acción se realizó un cuestionario de satisfacción para obtener una valoración de los alumnos. El trabajo completo se puede consultar en la publicación **nº 05: “Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano”**. La acción demostró que se puede realizar el recorrido virtual por las esculturas de Santa Cruz en una hora lectiva, sin dificultad para alumnos que no conocían el videojuego. Además los alumnos mejoraron el aprendizaje y valoraron la actividad positivamente.

Además de la experiencia descrita en este trabajo, una experiencia similar se ha repetido con un grupo de alumnos de 1º de Bachillerato del colegio MM. Dominicas Vistabella de Santa Cruz de Tenerife, en el desarrollo de las prácticas del Máster de Profesorado de la alumna Raquel Navarro Urios. La descripción de dicha experiencia y los resultados obtenidos se pueden consultar en el siguiente trabajo:

Raquel Navarro Urríos, Jose Luis Saorín Pérez “Uso de Videojuegos para la creación e interacción de objetos 3D en entornos tridimensionales” *Trabajo final de Máster* (<https://goo.gl/bikWhJ>).

Los resultados obtenidos confirman que, en un instituto, se puede realizar el recorrido por el mundo de Minecraft en una hora lectiva, que los alumnos mejoran su conocimiento sobre las esculturas y que valoran la actividad positivamente.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.3.2. Prueba de campo II

Otra posibilidad de difundir los modelos 3D en entornos educativos mediante tecnologías de muy bajo coste, es el uso de Paper Toys. Mediante esta alternativa, podemos acceder a entornos educativos con pocos recursos económicos y tecnológicos, ya que sólo se necesitan tijeras y pegamento para la construcción de los modelos 3D. Para realizar esta prueba y partiendo de los modelos 3D de las esculturas, se ha creado la publicación nº 16: **“El Patrimonio escultórico en el aula. Paper Toys: Modelos de papel para recortar y construir en 3D”**. En este libro, se incluyen 12 Paper Toys de las principales esculturas urbanas de Santa Cruz.

La selección de las esculturas para crear los modelos 3D, depende de su posibilidad de ser construidas en papel de manera sencilla. Los Paper Toys, son representaciones simplificadas de las esculturas, pero fácilmente reconocibles. Cada escultura cuenta con una descripción y sus características básicas resumidas en un lateral a modo de ficha. El libro se puede cortar en dos partes, manteniendo por un lado la información sobre las esculturas y por otro lado las plantillas recortables.

Para obtener una primera valoración del material diseñado, se ha realizado una prueba piloto con 27 alumnos del instituto CPEIPS Echeide II de Tenerife, en la que se ha medido la viabilidad del material creado, el tiempo de construcción de los Paper Toys y se ha pasado un cuestionario de satisfacción a los participantes. La descripción completa del procedimiento por el que cualquier persona puede transformar su modelos 3D en Paper Toys mediante tecnologías de bajo coste, así como la validación educativa indicada se incluye en la publicación nº 7: **“Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper Toys”**. Los alumnos valoraron la construcción de los Paper Toys como fácil y mostraron interés en realizar más actividades de este tipo.

Este trabajo fue realizado en conjunto con un trabajo final de máster realizado por Davinia Yanes Armas que se puede consultar en:

Davinia Yanes Armas, Jose Luis Saorín. **“Creación de Paper Toys a partir de modelos 3D digitales como recurso en entornos educativos”**. *Trabajo final de Máster*. <https://goo.gl/NLi8U3>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5.3.3. Prueba de campo III

El uso de los modelos 3D de las esculturas, creados en la fase II, para mejorar la comprensión espacial y los resultados obtenidos se aborda en la publicación nº 8: “*3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education*”. En este artículo también se realiza un análisis del uso de modelos tridimensionales, digitales y tangibles, en educación.

Para comprobar si los modelos tridimensionales del patrimonio facilitan la comprensión de los conceptos 3D asociados al análisis de las formas y su representación, se diseña un test de visualización 3D. Mediante el cual valida si el uso de modelos tridimensionales mejora la comprensión espacial de las esculturas en comparación con la información tradicional disponible.

La comprensión espacial está relacionada con las habilidades espaciales, éstas se pueden medir mediante diversos test (MTR, DAT-SR,...). El grupo de investigación Dehaes (ULL) ha realizado mediciones en alumnos de ingeniería y bellas artes y ha realizado numerosas actividades, utilizando modelos 3D digitales o tangibles, para la mejora de las habilidades espaciales en los alumnos (Martín-Dorta, Saorín, & Contero, 2008; Saorín-Pérez, Navarro-Trujillo, Martín-Dorta, Martín-Gutiérrez, & Contero, 2009).

En esta prueba de campo no se pretende mejorar o medir las habilidades espaciales de los alumnos, sino comprobar si mejora la interpretación 3D de las esculturas mediante modelos tridimensionales digitales y tangibles. Para poder medir la comprensión espacial se ha diseñado un test de visualización 3D de las esculturas. Consta de doce preguntas enfocadas en el carácter 3D de las obras, así como de dos pruebas técnicas de expresión gráfica.

Se realiza una experiencia piloto con dos grupos de alumnos de 1º Bachillerato del colegio MM. Dominicas Vistabella en una sesión de una hora en el aula de dibujo, diseño y artes plásticas. Un grupo trabaja en un entorno tradicional en 2D, para la búsqueda de información disponen de ordenadores con conexión a internet, además de sus propios Smartphone y ordenadores, desde los cuales acceden a información de texto e imágenes (fotos) de las esculturas existentes en internet. Se comprobó que la información gráfica de las esculturas estaba únicamente en formato 2D.

El otro grupo dispone del catálogo de esculturas en dos formatos: el formato libro con acceso a modelos digitales y el formato caja con los modelos tangibles. Hacen uso de sus Smartphone para visualizar las esculturas del catálogo en 3D, además de manipular directamente las réplicas impresas en 3D.

En ambos casos se evalúa, con el test de visualización tridimensional, la interpretación 3D de las esculturas al objeto de comprobar si el material 3D empleado facilita la comprensión espacial. Los resultados muestran que los alumnos obtienen una mayor comprensión espacial utilizando representaciones 3D (digitales y tangibles) en los tres ámbitos analizados: la volumetría, la modularidad y los sistemas de representación.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

6. DISCUSIÓN

Como se ha visto en esta memoria, los objetos 3D de bajo coste son factibles y útiles en entornos educativos. En el año 2013, cuando se empezó con el trabajo de tesis, las tecnologías tridimensionales de bajo coste estudiadas en él, estaban poco integradas en entornos educativos. Sin embargo, actualmente, existe una clara tendencia a su incorporación en todos los niveles educativos y a que su uso se generalice. En la publicación nº 03: "Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos", publicada en 2014, se menciona que:

"En España existen pocas referencias bibliográficas sobre la inclusión de estas tecnologías en ámbitos educativos."

En cuanto a referentes a nivel internacional, citar que en el informe Horizon de 2012 (Johnson, Adams, & Cummins, 2012) se incluye por primera vez la posibilidad de aprender mediante objetos 3D digitales en dispositivos multitáctiles como tabletas digitales. En el informe de 2013 (Johnson, y otros, 2013) aparecen por primera vez las impresoras 3D, donde se preveía el uso de estas máquinas como una tecnología de incorporación a medio plazo (4-5 años). Sin embargo, en el informe 2016 (Adams Becker, Freeman, Giesinger Hall, Cummins, & Yuhnke, 2016) ya se dice que se considera que estas máquinas son una realidad en los centros educativos. Los últimos informes, mencionan un concepto más amplio y complejo, los denominados Makerspaces o FabLabs. Éstos son espacios creativos interdisciplinares en los que las tecnologías estudiadas en este trabajo de tesis se integran para llevar a cabo proyectos colaborativos de cualquier índole.

En 2015, Francia empieza a equipar las aulas con impresoras 3D y en Madrid se habilita un fondo para adquirirlas para los colegios (El Mundo, 2016). Desde julio de 2016, el Gobierno de Canarias empieza a mencionar los "Espacios Creativos Multimedia" donde se incluyen tecnologías como la impresión 3D, concediendo una subvención cercana al millón de euros para su dotación.

Como parte del proceso de adquisición de conocimientos, realizado a lo largo del trabajo de esta tesis, se ha participado en la alfabetización digital en tecnologías 3D impartiendo numerosos cursos y talleres a alumnos y profesores de Tenerife. En este sentido, en el año 2014 se participa en el desarrollo del proyecto MoveFab (FGULL, 2016), un programa piloto enfocado a alumnos de Secundaria y Bachillerato de toda la isla de Tenerife, promovido por el Cabildo de Tenerife, desarrollado por la Universidad de La Laguna y gestionado por su Fundación General. El principal objetivo de este proyecto es el fomento de la creatividad y el talento a través de la fabricación digital. Dicho proyecto se desarrolló por los distintos municipios de la isla, con una exposición itinerante en la que se mostraban tecnologías como el escaneado, la impresión 3D, el modelado 3D digital, la realidad aumentada, etc. Junto con la exposición itinerante, en cada uno de los municipios, se llevaron a cabo talleres de alfabetización digital con este tipo de tecnologías. A lo largo de esta tesis se ha colaborado con este proyecto en la asesoría y realización de todos estos talleres.

Además, en ese proceso de adquisición de conocimientos que se ha necesitado para elaborar este trabajo de tesis, en el año 2014, se participa en la creación del Fab Lab

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

de la ULL. Este espacio creativo e interdisciplinar se utiliza, desde entonces, como plataforma de difusión y alfabetización en tecnologías de diseño y fabricación digital. En este sentido, dentro de esta labor de alfabetización, se ha promovido la creación de este tipo de entornos creativos de fabricación digital, como por ejemplo el Fab Lab del IES Geneto creado en el año 2015, del que ha surgido el GIE o Grupo de Innovación Educativa de Canarias. GIE es el primer grupo de estas características en el contexto de la enseñanza secundaria en Canarias.

El Fab Lab ULL, desde noviembre de 2016, forma parte de la red internacional FAB FOUNDATION, creada por el "Center for Bits and Atoms del Massachusetts Institute of Technology", siendo el primero de Canarias en formar parte de esta red global. Este tipo de espacios están suponiendo un fenómeno mundial y en contextos educativos con iniciativas como Fab Lab @ School, están comportándose como dinamizadores de la actividad educativa en los centros escolares. Este trabajo de investigación, ha contribuido a la redefinición de una línea de investigación comenzada anteriormente, relacionada con la aplicación de las tecnologías gráficas avanzadas en contextos educativos. En esta redefinición, se incorpora el estudio de este tipo de espacios y su impacto en contextos educativos.

Junto con la aparición de estos espacios o ecosistemas creativos, la evolución tecnológica está permitiendo la integración en contextos educativos de procesos impensables hasta hace apenas cinco años. Empresas como Autodesk, principal multinacional del software de diseño para entornos profesionales, ha enfocado su mirada hacia los entornos educativos de enseñanzas preuniversitarias (K-12). Entre otras iniciativas, ha creado una suite de aplicaciones gratuitas diseñadas para poder ser utilizadas desde edades tempranas, y fomentar las propuestas educativas interdisciplinares en las que puedan participar en proyectos comunes las disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM). Este tipo de iniciativas en cuanto a la oferta de aplicaciones pensadas para contextos educativos, se han convertido en una tendencia en todas las empresas de desarrollo de software de diseño.

Hace unos 5 años era difícil encontrar aplicaciones que permitieran visualizar modelos tridimensionales. Los que existían, estaban especializados en la visualización técnica para ingeniería o arquitectura. Sin embargo, a lo largo de los años de realización de esta tesis, han surgido multitud de visualizadores 3D accesibles para todo tipo de usuarios. Sin ir más lejos, la versión Windows 10 de Microsoft, incluye por defecto el visualizador 3D Builder.

Las tecnologías para visualizar objetos 3D en libros también son de reciente aparición. En enero de 2012 aparece la aplicación iBooks Author que permite incorporar modelos 3D en libros digitales, destinada principalmente para profesores sin formación específica en 3D. Otra opción analizada en este trabajo, es Adobe PDF con el formato estandarizado PDF 3D (ISO 24517-1:2008). De momento, esta opción no visualiza los modelos 3D correctamente en dispositivos móviles, pero se espera que se pueda convertir en un estándar. Otra alternativa estudiada para la visualización de modelos 3D es el uso de repositorios online a los que se accede utilizando hipervínculos y códigos QR. El uso de los códigos QR también se ha normalizado durante estos años. En las primeras experiencias llevadas a cabo con alumnos, casi ninguno tenía esta aplicación instalada, mientras que actualmente su uso es habitual. Muchos productos incluyen dichos códigos, hasta el transporte público se paga a través de códigos QR.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

El uso y manejo de modelos tridimensionales digitales no está concebido dentro de la competencia digital de los currículos de secundaria y Bachillerato y mucho menos su creación. Sin embargo, muchos autores relacionan la competencia digital con el manejo de modelos 3D, el modelado 3D, entornos virtuales tridimensionales, etc. (Cervera & Mon, 2013; Cervera, Martínez, & Mon. , 2015). Además subrayan la importancia de educar a los profesores en la competencia digital y en el uso de entornos 3D (Muñoz-Repiso & del Pozo, 2016). Esta relación entre objetos 3D y competencia digital está empezando a ser reconocida en organismos oficiales. Por ejemplo, la Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento del Gobierno de Canarias, en julio de 2016, en su convocatoria de subvenciones orientadas a la mejora de las competencias digitales de la población residente en Canarias, incluye diseño, modelado y fabricación 3D entre las tres temáticas de la convocatoria (BOC, 2016).

El uso de tecnologías y modelos 3D para la divulgación del patrimonio escultórico se conoce desde hace tiempo. Sin embargo, este patrimonio se ha hecho mucho más accesible al público en general gracias a la aparición de tecnologías económicas y accesibles como, por ejemplo, los visualizadores 3D gratuitos online. Las grandes empresas y museos son los primeros interesados y los más avanzados en este sector. Un ejemplo, el museo Smithsonian dispone de algunos modelos 3D gratuitos de su patrimonio para su visualización tridimensional y permite la descarga e impresión 3D de todos los modelos 3D bajo la licencia Creative Commons. El museo, para ayudar a introducir recursos 3D en las escuelas también disponen un iBook sobre Lincoln que combina textos, imágenes, y modelos 3D interactivos.

Otros proyectos internacionales como por ejemplo 3D Icons (3D ICONS, 2016), procuran establecer una base de datos 3D de patrimonio arquitectónico, arqueológico y artístico europeo, permitiendo el acceso del público a todos los modelos 3D. También el MoMA tiene una iniciativa de digitalizar y divulgar, mediante aplicaciones de bajo coste, sus obras para que éstas pudiesen replicarse libremente utilizando impresoras 3D (hipertextual, 2016). Las tecnologías 3D para la divulgación del patrimonio tridimensional ya se incorporan en los estudios superiores. Por ejemplo, la Universidad de Alicante oferta el Máster en Patrimonio Virtual que tiene como finalidad investigar la adaptación de las tecnologías emergentes a las necesidades del ámbito patrimonial, enfocando la investigación a generar soluciones tecnológicas y 3D a la conservación y estudio del patrimonio. Incluye modelado 3D, Realidad Aumentada y Realidad Virtual aplicado al patrimonio cultural.

En sintonía con estas tendencias, durante la tesis se han creado procedimientos para la incorporación de tecnologías 3D de bajo coste en centros de educación preuniversitaria. Se han realizado actividades en las que los propios alumnos crean los modelos 3D de esculturas y de otros objetos tridimensionales. Se ha formado a numerosos profesores de secundaria, en el entorno de Tenerife que están utilizando estos procedimientos para crear sus propios modelos 3D de esculturas de su entorno geográfico. Cabe destacar que en noviembre de 2016 el la biblioteca del CEP de Santa Cruz de Tenerife ha decidido integrar el catálogo de Esculturas 3D desarrollado en este trabajo de tesis en una carpeta didáctica sobre las escultura en Santa Cruz. Además el resto de libros realizados en el caso práctico se incluirán en la bibliografía y se incluirán en las novedades bibliográficas de la web de dicho CEP.

Para fomentar la difusión de los recursos creados a lo largo de la tesis, se ha creado una página web, donde todos están disponibles de manera gratuita.

<https://patrimonioescultorico.wordpress.com/>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

7. CONCLUSIONES FINALES

Como conclusiones finales del trabajo de tesis podemos destacar que:

Es posible incorporar el modelado 3D al aula desde la enseñanza primaria dado que existen aplicaciones gratuitas de modelado 3D en tabletas, como Blokify y Pottery, que funcionan como juegos. Estos juegos no requieren aprendizaje ni conocimientos previos y son aptas para iniciar a los niños en el modelado tridimensional, acostumbrándolos a trabajar y desenvolverse en un entorno 3D con medios digitales. A partir de las experiencias realizadas en esta tesis, se puede concluir que el videojuego Blokify puede usarse como recurso educativo para el aprendizaje de las vistas normalizadas (alzado, planta, perfil) con alumnos, desde edades muy tempranas. Además, el juego Pottery puede ser un buen recurso educativo para introducir a este tipo de alumnos en la creación de volúmenes 3D de revolución.

Además de los juegos 3D, existe una gama de aplicaciones de modelado y creación 3D sencillas, gratuitas y aptas para niños. Dichas aplicaciones se han valorado con un grupo de alumnos del máster de formación del profesorado que no tenían ninguna experiencia previa en modelado digital. De las encuestas sobre las actividades realizadas se concluye que:

- Las aplicaciones que permiten convertir un objeto real en un modelo digital (123D Catch y el escáner 3D) se han percibido como sencillas de utilizar y útiles para la enseñanza del patrimonio escultórico en centros escolares. (Destaca el resultado de 4,82 sobre 5 indicando que debería de existir un escáner 3D en centros escolares).
- Las aplicaciones para editar modelos tridimensionales (Formit, 123D Sculpt+ y Meshmixer) también se han valorado positivamente (por encima de 3 sobre 5).

Es posible crear objetos tridimensionales digitales a partir de objetos reales, utilizando tecnologías accesibles, gratuitas o de bajo coste. Con estas tecnologías, cualquier profesor puede digitalizar su material docente tridimensional. Por ejemplo, programas gratuitos como 123D Cartch y Recap 360° sólo necesitan tomar fotografías para generar modelos 3D digitales del patrimonio escultórico de una ciudad y el proceso de reconstrucción 3D se crea de manera automática. De esta forma, es posible crear una réplica del modelo 3D de una escultura a un coste que oscila en torno a 1 euro si disponemos de una impresora 3D propia o de un coste entre 23 y 90 euros en materiales plásticos utilizando servicios de impresión 3D.

Tanto los profesores como los alumnos consideran que las réplicas de esculturas pueden ayudar a su proceso de formación (4,25 y 4,00 sobre 5,00). Por otro lado, les gustaría disponer de un repertorio de réplicas de esculturas para utilizarlas en educación (4,00 y 3,74 sobre 5,00).

La impresión en 3D es una tecnología muy bien valorada para su incorporación en el aula (4,00 y 4,28 sobre 5,00). Se ha comprobado que ni el coste, ni la dificultad

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

técnica, suponen un impedimento para utilizar estas réplicas en entornos educativos y los posibles usuarios de las mismas demuestran un evidente interés en su utilización.

Para la digitalización objetos 3D hasta unos 20 cm se pueden usar escáneres de bajo coste, que permiten obtener archivos tridimensionales digitales en aproximadamente 10 minutos y con precisiones de 0,5 cm.

Los modelos 3D digitales, se pueden poner a disposición de los usuarios mediante repositorios online, sin necesidad de conocimientos expertos tanto utilizando discos duros virtuales personales, como utilizando plataformas webs gratuitas. De esta manera, los profesores pueden incluir, en sus entornos virtuales de aprendizaje, enlaces a colecciones de objetos tridimensionales digitales. Dicho material digital es, por lo tanto, accesible desde dispositivos móviles multitáctiles posibilitando su visualización e interacción de una manera ubicua y gratuita.

De los cuestionarios realizados sobre el uso de repositorios online y recursos tridimensionales se concluye que:

- Los alumnos consideran un recurso útil el disponer de un repositorio online y el aprendizaje con medios digitales interactivos es considerado un buen complemento por los alumnos (4,51 sobre 5).
- Consideran el material tridimensional un buen complemento para su formación y aprendizaje. También piensan que disponer del patrimonio tridimensional en su Smartphone puede mejorar su aprendizaje y les permite profundizar en casa (4,29 sobre 5).

El uso de modelos tridimensionales digitales puede solventar muchas de las problemáticas que surgen al usar modelos reales o maquetas, como roturas o pérdidas de objetos, ya que los modelos 3D se pueden descargar y replicar de forma reiterada y se pueden visualizar en diversos dispositivos, tanto offline como online. Los modelos digitales también resuelven la problemática del transporte, intercambio y almacenaje, debido a la opción de archivarlos en espacios en la nube o aulas virtuales, que son accesibles desde cualquier punto y por cualquier persona.

La impresión en 3D no supone una gran inversión, dado que el material utilizado supone unos céntimos para cada modelo, aunque uno de los factores principales a tener en cuenta es el tiempo. Una pieza de aproximadamente diez centímetros tarda entre una y dos horas de impresión. Los precios de estos equipos son cada vez más bajos y es posible adquirirlos desde 500 euros.

En relación a la comprensión espacial, el análisis de las formas y la representación del patrimonio escultórico, el estudiante entiende mejor las relaciones espaciales de las esculturas con las representaciones 3D que con las versiones 2D. El porcentaje de acierto en preguntas relacionadas con la modularidad y volumetría de las esculturas es casi el doble empleando 3D (85,3%) que 2D (48,5%). Los participantes también obtienen mejores resultados realizando vistas normalizadas de las esculturas con las versiones tridimensionales de las mismas (73,5%) que partiendo de las visualizaciones en 2D (23,5%).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Utilizando, como fuente de información, los contenidos disponibles en internet, los estudiantes no fueron capaces de contestar a 2 de las 10 preguntas planteadas, ni pudieron realizar una vista cenital de una de las esculturas, a pesar de que tuvieron 25 minutos para hacerlo. Sin embargo, al usar los modelos 3D fueron capaces de contestar a todas las preguntas y actividades, y de hacerlo con un mayor porcentaje de éxito en mucho menos tiempo, ya que todos acabaron el test de visualización 3D en un tiempo inferior a los 15 minutos.

También es posible incorporar los objetos tridimensionales tanto en libros digitales como en libros de papel. Se evaluaron 9 posibilidades diferentes de incorporar un modelo 3D en un libro mediante tecnologías de bajo coste. Para autores que quieran incluir contenido 3D en sus libros, sería necesario un mínimo de formación tecnológica para poder crear o al menos manejar modelos 3D digitales. La manera más simple de incluir estos contenidos tridimensionales sería a través de enlaces (códigos QR o hipervínculos) a modelos ya creados en internet (ej. SketchFab).

No todas las posibilidades presentan las mismas características. Para estudiantes de educación infantil o primaria, la mejor opción puede ser utilizar libros de papel tipo Pop-Up o la visualización directa en libros electrónicos como iBooks o PDF 3D. Para educación secundaria y superior, los libros (tanto de papel como digitales) con enlaces a visualizadores directos en internet (tipo SkechFab), pueden ser muy interesantes al permitir que los alumnos utilicen sus propios dispositivos móviles para ver los modelos 3D. Por otro lado, los libros con Paper Toys pueden ser una buena herramienta de divulgación mediante actividades de construcción de un objeto tridimensional en niveles educativos preuniversitarios.

La experiencia llevada a cabo con Paper Toys en un aula de secundaria nos permite concluir que es un recurso barato y accesible que permite a los alumnos construir y visualizar las esculturas en tres dimensiones sin necesidad de tecnologías ni desplazarse fuera del aula y de esta manera apreciar la tridimensionalidad de una obra mejor que cuando sólo disponen de una imagen plana. El tiempo medio que han tardado los estudiantes en construir los diferentes modelos oscila entre media hora y una hora y media.

Se ha comprobado, que la creación de Paper Toys personalizados del patrimonio de cualquier ciudad es posible mediante programas gratuitos y sencillos de utilizar, adecuados para entornos educativos. En los cuestionarios de satisfacción rellenos por los alumnos después de realizar el taller de construcción de Paper Toys se han obtenido los siguientes resultados:

De acuerdo a los resultados del cuestionario, a los participantes, la construcción de Paper Toys:

- Les parece un recurso interesante para conocer el patrimonio escultórico (3,78/5). También consideran que la construcción de Paper Toys es una actividad interesante para conocer la tridimensionalidad de las esculturas (4,41/5). En menor medida, les interesa disponer de las fichas informativas de las esculturas (3,00 / 5).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

- Se valoran positivamente las experiencias educativas con el empleo de Paper Toys como recurso didáctico y muestran un gran interés en realizar actividades parecidas en la asignatura de Educación Plástica y Visual (4.74/5).

Para cumplir el objetivo de divulgación, hay que procurar que los Paper Toys no sean muy difíciles de construir. En la experiencia detallada en este trabajo de tesis, 3 esculturas no se pudieron terminar por dificultad y falta de tiempo. No obstante, los participantes consideran que la construcción del Paper Toy ha sido fácil (3,48/5).

Para sustituir o complementar las salidas de los alumnos a visitar las esculturas de una ciudad, se puede construir un mundo virtual inmersivo sin conocimientos informáticos avanzados con el videojuego Minecraft. Además la creación de un mundo en Minecraft con los programas complementarios necesarios es gratuita, permitiendo a cualquier docente crear su propio entorno digital.

El recorrido virtual de Minecraft fue completado sin problemas, por alumnos que no son jugadores habituales ni conocían Minecraft, en menos de una hora (53, 42 minutos de media), se puede concluir que esta actividad se puede realizar en diferentes ámbitos escolares en una clase lectiva de 55 minutos. El recorrido virtual descrito en este artículo se puede realizar en cualquier aula con ordenadores. Los profesores no necesitan tener conocimientos de Minecraft, ya que casi todos los alumnos saben utilizarlo y manejarse en el entorno virtual.

La mejora del conocimiento de los alumnos, sobre las esculturas de Santa Cruz de Tenerife, valoradas en el cuestionario tipo examen, ha sido positiva. El conocimiento sobre el nombre de las esculturas aumentó un 32,30%, sobre el autor un 14,58% y sobre la ubicación un 7,20%. En este caso se ha obtenido datos de la retención a corto plazo, sería interesante realizar la prueba para comprobar el aprendizaje a largo plazo y si se incrementa en comparación con métodos tradicionales de enseñanza.

Del cuestionario de satisfacción podemos concluir que:

- A pesar de que los participantes no eran jugadores habituales de videojuegos, ni conocían Minecraft, les ha resultado fácil manejarse en el mundo virtual (4,2 sobre 5,0). Consideran que el aprendizaje con videojuegos es un buen complemento a los materiales tradicionales (4,1 sobre 5,0)
- Usar el mundo de Minecraft para la enseñanza y aprendizaje del patrimonio escultórico les parece útil (3,8 sobre 5,0). También consideran que el uso de Minecraft mejora la motivación para el aprendizaje (3,7 sobre 5,00)
- Al responder la pregunta del cuestionario sobre si ellos como futuros profesores usarían videojuegos para la enseñanza, la puntuación obtenida fue la más baja (3,6 sobre 5), por lo que se quizás estos alumnos no se sienten preparados para incluir los videojuegos en sus futuras asignaturas. Podría, por lo tanto, ser interesante pensar en acciones de formación para profesores en la línea del uso de videojuegos en educación.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

1. REFERENCIAS

- 3D ICONS. (27 de 11 de 2016). *3D Icons*. Obtenido de 3D ICONS: <http://3dicons-project.eu/>
- 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.
- BOC. (13 de Julio de 2016). DISPOSICIONES GENERALES - Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento. *Boletín Oficial de Canarias núm. 134*. Canarias, España. Obtenido de <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2016/134/003.html>
- BOE. (2015). *Boletín Oficial del Estado, Disposiciones generales*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- 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.
- Cervera, M., Martínez, J., & Mon, F. (2015). Competencia digital y competencia digital docente: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 1 -10.
- de la Torre-Cantero, J. (2013). Aplicación de tecnologías gráficas avanzadas como elemento de apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje del dibujo, diseño y artes plásticas. *Doctoral dissertation*. La Laguna, Tenerife, España.
- El Mundo. (23 de 11 de 2016). *El Mundo*. Obtenido de Todos los institutos de Madrid tendrán impresoras 3D y kits de robótica: <http://www.elmundo.es/madrid/2015/02/17/54e36060268e3edf348b4574.html>
- Eurydice, E. (2009). *Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo*. Bruselas: Secretaría General Técnica.
- Fab Lab. (2016 - 22-11). *Fab Lab ULL*. From <http://fablab.webs.ull.es/>
- FGULL. (17 de 11 de 2016). *MoveFab*. Obtenido de MoveFab: <http://fg.ull.es/movefab/>
- hipertextual. (23 de 11 de 2016). *hipertextual*. Obtenido de Hace varios meses comentamos que el Instituto Smithsonian, que solamente tiene expuesto el 2% de los 137 millones de piezas de componen su catálogo, estaba arrancando una iniciativa de Open Data aplicada al mundo del arte puesto que estaban digitalizando : 2016
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013). *NMC Horizon Report: 2013 K-12 Edition*. Austin Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). *NMC Horizon Report: 2012 K-12 Edition*. Austin Texas: The New Media Consortium.
- Martín-Dorta, N., Saorín, J., & Contero, M. (2008). Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505-513.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

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.

puraciudad. (5 de 11 de 2016). *puraciudad*. Obtenido de Paint ahora es 3D: <http://www.puraciudad.com.ar/paint-ahora-es-3d/>

Saorín-Pérez, J., Navarro-Trujillo, R., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 84(9).

UNESCO. (2006). Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972. *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972* (pág. 245). Francia: UNESCO.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

ANEXO I:

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INDEXADAS

Fase I	<p>1. Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales. El profesional de la Información. Índice de Impacto (2015): WOS, JCR (0.71) (Julio 2016)</p> <p>2. Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D. EKS (Education in The Knowledge Society) <i>Latindex</i> Índice de Impacto: Journal Scholar Metrics: H5=11 (Junio 2015)</p>
Fase II	<p>3. Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. Arte, individuo y Sociedad. Índice de Impacto (2015): SCOPUS, SJR= 0,123 (Diciembre 2015)</p> <p>4. Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias. EKS (Education in The Knowledge Society) <i>Latindex</i>. Índice de Impacto Journal Scholar Metrics: H5=11 (Diciembre 2016)</p>
Fase III	<p>5. Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano. RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa) <i>Emerging Sources Citation Index (Web of Science, WOS)</i>. <i>Latindex</i> Índice de Impacto Journal Scholar Metrics: H5=8 (Diciembre 2016)</p>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

1.

**Tecnologías para la incorporación de objetos
3D en libros de papel y libros digitales.**

El profesional de la información, v.25, n. 3, pp. 661-670.

Indice de Impacto (2015):
WOS, JCR (0.71)

(Julio 2016)

Carlos Carbonell Carrera, Jose Luís Saorín Pérez, Jorge de la
Torre-Cantero, Cecile Meier, Dámari Melián Díaz

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

1.

El profesional de la información

Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales.

<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: WOS (JCR) • Índice de impacto: 0,71 • Posición de publicación: 51 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Social Sciences Edition – INFORMATION SCIENCE & LIBRARY SCIENCE • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 86
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: SCOPUS (SJR) • Índice de impacto: 0,422 • Posición de publicación: 119 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Information Systems • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 219

7/10/2016 JCR-Web 4.5 Impact Factor Boxplot

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]

WELCOME HELP RETURN TO JOURNAL

2015 JCR Social Science Edition

Rank in Category: **Profesional de la Información**

Journal Ranking

For **2015**, the journal **Profesional de la Información** has an Impact Factor of **0.710**.

This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
INFORMATION SCIENCE & LIBRARY SCIENCE	86	51	Q3

Category Box Plot

For **2015**, the journal **Profesional de la Información** has an Impact Factor of **0.710**.

This is a box plot of the subject category or categories to which the journal has been assigned. It provides information about the distribution of journals based on Impact Factor values. It shows median, 25th and 75th percentiles, and the extreme values of the distribution.

PROF INFORM, IF = 0.710.

Impact Factor

Subject Category

Key
A - INFORMATION SCIENCE & LIBRARY SCIENCE

[Acceptable Use Policy](#)
Copyright © 2016 Thomson Reuters.

THOMSON REUTERS
Published by Thomson Reuters

http://sauwck5.fecyLes/admin-apps/JCR/JCR?RQ=IF_CAT_BOXPLOT&rank=1&journal=PROF+INFORM

1/1

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

TECNOLOGÍAS PARA LA INCORPORACIÓN DE OBJETOS 3D EN LIBROS DE PAPEL Y LIBROS DIGITALES

Technologies for incorporating 3D objects in paper and digital books

Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín, Cecile Meier, Dámari Melián-Díaz y Jorge De-la-Torre-Cantero



Carlos Carbonell-Carrera es profesor en la *Universidad de La Laguna*, e invited associate professor por la *University of Applied Life Sciences and Environment* de Iași, Rumanía. Es licenciado en documentación por la *Universidad Oberta de Cataluña* (2008), Master internacional en sistemas de información geográfica por la *Universitat de Girona* (2005) y doctor por la *Universidad de La Laguna* (2011).

<http://orcid.org/0000-0003-4733-1598>

ccarbone@ull.es



José-Luis Saorín imparte docencia en expresión gráfica en ingeniería y en innovación docente en el master de profesorado en la *Universidad de La Laguna*. Es doctor por la *Universidad Politécnica de Valencia* (2006) y técnico en diseño de programas, entornos y materiales con apoyo de las TIC por la *Universidad Oberta de Cataluña*. Es coordinador del grupo de investigación *Dehaes* de la *Universidad de La Laguna*, entre cuyas líneas de investigación se encuentra el diseño, creación y evaluación de objetos tridimensionales para educación.

<http://orcid.org/0000-0003-3240-3317>

jlsaorin@ull.es



Cecile Meier realiza su doctorado en la *Facultad de Educación* de la *Universidad de La Laguna* bajo el título: *Incorporación del patrimonio escultórico en contextos educativos mediante el uso de impresoras 3D y tecnologías avanzadas de bajo coste*. Es licenciada en bellas artes, especialidad de diseño gráfico, con un máster en diseño gráfico por la *Universidad Politécnica de Valencia*. Realizó un master en formación del profesorado, especialidad dibujo diseño y artes plásticas, por la *Universidad de La Laguna* (2012/2013).

<http://orcid.org/0000-0001-7160-2154>

alu0100305944@ull.edu.es



Dámari Melián-Díaz finalizó en 2011 sus estudios de arquitectura por la *Universidad de Las Palmas*, posteriormente realizó el máster en formación del profesorado en la especialidad de dibujo, diseño y artes gráficas. En la actualidad, cursa el tercer año de doctorado en educación por la *Universidad de La Laguna*, bajo el título *Aplicación de tecnologías avanzadas de bajo coste como estrategia para la incorporación de competencias artísticas y creativas en los procesos de enseñanza-aprendizaje del dibujo técnico*.

<http://orcid.org/0000-0002-7651-728X>

damarimd@gmail.com



Jorge De-la-Torre-Cantero es profesor asociado del *Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura* de la *Universidad de La Laguna* desde 2003. Doctor en 2013 por la *Universidad Politécnica de Valencia* e investigador del *Laboratorio de Fabricación Digital* de la *Universidad de La Laguna*. Sus líneas de investigación son: STEAM (*science, technology, engineering, arts, and mathematics*: influencia del arte y el diseño en las disciplinas científico-tecnológicas); tecnologías gráficas avanzadas, fabricación digital y tecnologías BIM (*building information modeling*).

<http://orcid.org/0000-0001-5516-0456>

jcantero@ull.es

Universidad de La Laguna

Avenida Ángel Guimerá Jorge, s/n. 38200 La Laguna (Tenerife), España

Artículo recibido el 21-01-2016

Aceptación definitiva: 12-02-2016

El profesional de la información, 2016, julio-agosto, v. 25, n. 4. eISSN: 1699-2407 661

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín, Cecile Meier, Dámari Melián-Díaz y Jorge De-la-Torre-Cantero

Resumen

El libro, como elemento de transmisión de conocimiento, muestra la información mediante texto, imágenes y dibujos. Cuando el texto contiene información de carácter tridimensional o geométrico, para complementar el libro, se utilizan recursos complementarios como objetos tangibles, desplegados o maquetas que facilitan y complementan la interpretación del texto. Con la aparición de los libros digitales es posible incorporar formatos multimedia como vídeos, gráficos interactivos, galerías de fotos u objetos 3D. Este artículo describe las posibilidades de incluir modelos tridimensionales en libros en formato tradicional de papel, así como en libros en versión electrónica tanto para PC como para dispositivos móviles. Para este trabajo se han realizado varios prototipos de libros en varios formatos y se presentan instrucciones para que el lector pueda visualizar los objetos 3D incluidos en los mismos.

Palabras clave

Códigos QR; Libro digital; Modelos tridimensionales; 3D; *Pop-up*; *Paper toy*; Realidad aumentada.

Abstract

Traditionally, the book uses text, pictures, and drawings to show information. To complement the information, various methods have been used, such as adding tangible objects or models. With the advent of digital books, it is possible to incorporate videos, interactive graphics, photo galleries, and 3D objects. This article describes the possibilities of including 3D models in books that are paper or electronic (read on a desktop or mobile device). For this article we have made several book prototypes in various formats, and instructions are presented so that the reader can visualize the 3D objects contained in them.

Keywords

QR codes; Digital book; Three-dimensional models; 3D; Pop-up; Paper toy; Augmented reality.

Carbonell-Carrera, Carlos; Saorín, José-Luis; Meier, Cecile; Melián-Díaz, Dámari; De-la-Torre-Cantero, Jorge (2016). "Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales". *El profesional de la información*, v. 25, n. 3, pp. 661-670.

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2016.jul.16>

1. Introducción

Los libros, en sentido amplio, han sido el formato por excelencia para la difusión de contenidos. El acceso a información digital en línea, a través de foros, sitios webs, documentos auto-editados para su descarga, etc. supera al que se realiza mediante el formato clásico de libro para la lectura. La función del libro tradicional, tanto de texto como divulgativo, sigue teniendo vigencia en pleno siglo XXI para la difusión de ideas y conocimiento. En educación universitaria los libros siguen siendo el recurso más frecuentemente recomendado (Rodríguez-Bravo *et al.*, 2015).

Los libros, uno de los principales vehículos de transmisión de información, deberían poder incluir imágenes tridimensionales en su interior

Al tradicional formato de libro en papel se ha sumado el libro electrónico. Hay múltiples definiciones de libro electrónico: puede considerarse una versión digital de un libro, es decir, cualquier texto legible en pantalla o cualquier fichero en formato digital que puede descargarse en dispositivos electrónicos para su posterior visualización (Rao, 2005; Doctorow, 2004; Berube, 2005; Kang; Wang; Ling, 2009). El libro electrónico, sobre todo si es de texto, también puede ser entendido de forma más compleja, en el contexto de los objetos educativos digitales (Gértrudix-Barrio *et al.*, 2007), puesto que sus posibilidades de contenido, difusión, lectura, reutilización, interrelación con otros contenidos y muchos otros aspectos pueden ser repensados de forma innovadora en el espacio digital.

En ámbitos educativos, los objetos y modelos en tres dimensiones son utilizados de manera habitual en:

- ingeniería y arquitectura (maquetas);
- geografía (mapas con relieve);
- dibujo técnico y las vistas normalizadas (piezas técnicas);
- estudios artísticos (réplicas de obras escultóricas);
- para conocer órganos en clases de anatomía, elementos naturales en biología, etc.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de maqueta y lámina de estudio utilizados en enseñanza superior. En diversos estudios (Andrade-Lotero *et al.*, 2012) se ha demostrado que un contenido se aprende más rápido mediante la manipulación de objetos tridimensionales.

Los libros, tanto electrónicos como de papel, al ser uno de los principales vehículos de transmisión de información, deberían disponer de la posibilidad de incluir objetos tridimensionales en su interior, ya que dichos objetos son diferentes a otros que pueden incluirse en un libro, como imágenes o vídeos. La interpretación detallada de la tridimensionalidad de un objeto a través de imágenes bidimensionales es un proceso que requiere, en algunos casos, un gran esfuerzo intelectual. Sin embargo, los modelos 3D, al permitir la observación desde distintos puntos de vista, facilita el aprendizaje de los conceptos espaciales asociados a los mismos.

En un escenario donde conviven los dos formatos: electrónico y papel, es interesante conocer de qué manera se puede conseguir que los objetos 3D se incluyan en los libros. En este artículo se describen y comparan nueve tecnologías para incorporar un objeto 3D con el que se pueda interactuar (mover y visualizar desde distintos ángulos) tanto en

662 *El profesional de la información*, 2016, julio-agosto, v. 25, n. 4. eISSN: 1699-2407

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		



Figura 1. Lámina y maqueta de estudio (modelo de vaca de la empresa Medical Simulator). Área de Zootecnia de la Universidad de La Laguna

libros de papel como en libros electrónicos. Aunque la inclusión de objetos tridimensionales se orienta más hacia el sector del libro de texto o divulgativo en los campos del arte, naturaleza, ciencia o tecnología, por citar los más extendidos, las tecnologías presentadas en este artículo son válidas para cualquier tipo de texto.

2. Incorporación de objetos 3D en libros

El intento de incorporar la tercera dimensión en los libros de texto o documentos informativos no es nuevo, tuvo su aparición hace siglos. Tanto con los libros *pop-up* como mediante el uso de imágenes en perspectiva (Damisch, 1997) se lograba el efecto de mostrar esa tercera dimensión. Sin embargo, las imágenes en perspectiva siguen siendo bidimensionales y no permiten visualizar el objeto desde un punto de vista distinto al representado. Los visualizadores 3D digitales se basan en las técnicas de representación clásicas, por lo que en realidad vemos una imagen 2D en la pantalla del ordenador o dispositivo de visualización. Sin embargo, dicha imagen es redibujada instantáneamente cuando el usuario cambia el punto de vista con un controlador (un ratón, el dedo...), por lo que se produce la sensación de manipular un objeto tridimensional.

La aparición del libro digital y tecnologías como la realidad aumentada permiten crear nuevas formas de visualización tridimensional. Con tecnologías digitales accesibles (muchas de ellas gratuitas), es posible actualizar las técnicas tradicionales para la incorporación de objetos 3D en formatos de papel como pueden ser los libros con *pop-ups* o los recortables. En este artículo se presentan nueve tecnologías para de incorpora-

ción de objetos 3D en libros (entendida como la posibilidad de que un objeto se pueda manipular o visualizar desde distintos ángulos), tanto en formato digital como en papel (figura 2).

Para la incorporación de un objeto 3D en un libro partiremos en todos los casos de su producción mediante tecnologías digitales, tanto si el destino es el soporte papel como si es digital. Para ilustrar cada una de las posibilidades descritas se ha seleccionado como ejemplo el modelo 3D digital de la escultura *Monumento al gato* del artista español Óscar Domínguez (figura 3), que formó parte de la *I Exposición internacional de esculturas en la calle* en Santa Cruz de Tenerife entre 1973 y 1974. El modelo 3D ha sido creado con la aplicación gratuita *SketchUp*.

2.1. Incorporación de objetos 3D en libros de papel

2.1.1. Libros *pop-up* (a partir de software digital)

En libros con *pop-up*, al abrir sus páginas se despliega un

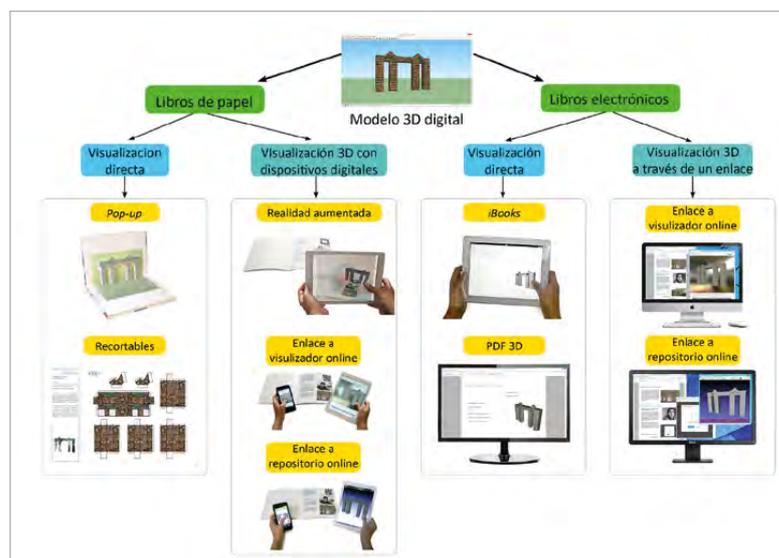


Figura 2. Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		



Figura 3. Monumento al gato de Óscar Domínguez



Figura 4. Libro *pop-up*

modelo tridimensional de papel que permite una mejor comprensión de los contenidos volumétricos desarrollados en el texto. Existen referencias de estos libros desde 1240, cuando apareció el primero datado hasta la fecha (Connelly, 1999). Han sido utilizados en el campo de la medicina y en ámbitos educativos (Glassner, 2002), y se siguen empleando en la actualidad, sobre todo en el ámbito infantil y libro-juego, como método para incorporar objetos 3D en los libros de papel (figura 4).

El conjunto de técnicas para el diseño y creación de libros con objetos 3D desplegables (*pop-up*) de papel se denomina ingeniería de papel, término que hace referencia al conjunto de conocimientos para el diseño con papel, a través de sus posibilidades de plegado, recorte y ensamblado, dotándolos de tridimensionalidad.

Para el diseño de *pop-ups* es necesario entender el mecanismo de plegado y determinar las posiciones de los objetos emergentes para que no choquen entre sí o sobresalgan de la página (Iizuka et al., 2011). Con aplicaciones como *Pop-up Card Designer Pro* (disponible en versión gratuita) o *Pop-up Card Studio*, es posible crear *pop-ups* de manera digital. Estos programas permiten dibujar el contorno de un objeto y crear las líneas de recortado y doblado para construir la tercera dimensión. En la figura 5 se muestra el *pop-up* del objeto 3D utilizado como ejemplo en este artículo. <https://goo.gl/LYOk9X>

La ventaja del libro *pop-up* radica en que, una vez terminado el proceso de creación, permite acceder a los modelos 3D tan sólo con abrir el libro, sin necesidad de ninguna tecnología ni procedimiento adicional; es por ello que estos libros son utilizados con frecuencia en educación infantil y primaria, sobre todo como material complementario para actividades, biblioteca o consumo particular. Por otro lado, un libro *pop-up* no es fácilmente modificable y requiere de un proceso de fabricación costoso en tiempo, material y mano de obra.

Se describen nueve tecnologías para incorporar un objeto 3D con el que se pueda interactuar tanto en libros de papel como en libros electrónicos

2.1.2. Libros con *papertoys* (recortables a partir de modelos digitales 3D)

En los libros con *papertoys*, el lector mediante recorte y plegado de papel puede obtener modelos tridimensionales a partir de patrones de piezas que se unen con pegamento. Los primeros recortables aparecen en Europa en el siglo XVIII, en el París de Luis XV, aunque es en 1840, con la aparición de la litografía en color, cuando experimentan

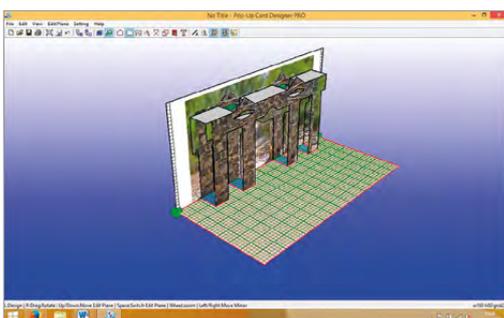


Figura 5. Ejemplo de un *pop-up* construido en *Pop-up Card Designer Pro*



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por:	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

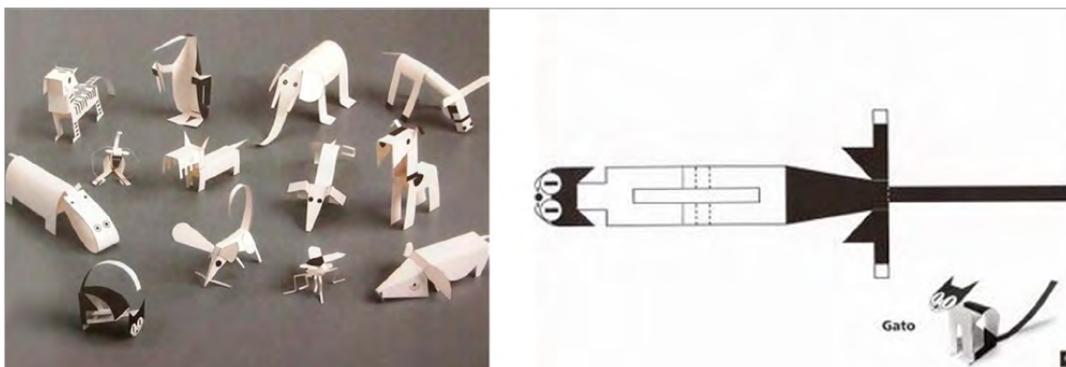


Figura 6. Ejemplo de libro de recortables

su mayor desarrollo y difusión (Haining, 1979; Reid-Walsh, 2012). Una muestra temprana de *papertoys* en España es la propuesta llevada a cabo por Antonio de Lara en los años 1933-1934 para la revista *Crónica*: se trata de una serie de recortables y plegables de animales coleccionables llamada *El arca de Noé* (IVAM, 2004) (figura 6).

El formato PDF 3D, una vez resueltos los problemas de visualización en dispositivos móviles, podría convertirse en el estándar para la inclusión de objetos 3D en libros digitales

El diseño de un *paper toy* con herramientas digitales constituye un proceso que engloba dos fases:

- la primera consiste en crear una plantilla recortable del modelo tridimensional, para lo cual se pueden utilizar aplicaciones como *123D Make*, *Pepakura Designer* o extensiones de *SketchUp* como *Unwrap and Flatten*, *Unfold o Flattery* (figura 7);
- en la segunda fase se lleva a cabo un proceso de posproducción para añadir detalles como solapas, pestañas y texturas con programas como *AutoCad*, *Illustrator*, *InDesign* o *Gimp*.

El diseño de un libro de recortables es una manera económica para la divulgación de objetos 3D en un aula sin acceso a internet ni dispositivos digitales. La creación de las planti-

llas recortables necesita varios programas, así como conocimientos informáticos y de retoque de imagen, pero el montaje final de los modelos 3D los realiza el lector con la única ayuda de unas tijeras y una barra de pegamento. Una vez realizados, son fácilmente reproducibles a través de fotocopias y posibles de incorporar en cualquier entorno escolar. El ejemplo del objeto 3D utilizado en este artículo (figura 8), además de otras 11 esculturas de Santa Cruz de Tenerife convertidas a formato *pop-up* se puede consultar en: <https://goo.gl/kgybMY>

2.1.3. Libros de papel con objetos 3D en realidad aumentada (Magic book)

La realidad aumentada (RA) permite al usuario ver el mundo real a través de un dispositivo digital con objetos virtuales superpuestos (Azuma, 1997). Los objetos virtuales pueden ser manipulados por el individuo, coordinando sus movimientos con las manos para obtener el punto de vista que desea. Se usa en distintos contextos: militar, medicina, diseño, ingeniería, robótica, enseñanza y aprendizaje, entretenimiento, tratamientos psicológicos, etc. (Azuma, 1997; Azuma et al., 2001).

La evolución de esta tecnología ha dado lugar a la aparición del libro aumentado o *magic book* (Billinghurst; Kato; Pouppeyev, 2001; Juan; Beatrice; Cano, 2008; Ucelli et al., 2005). Este tipo de libro contiene unas marcas, las denominadas marcas de realidad aumentada, que permiten ver un objeto

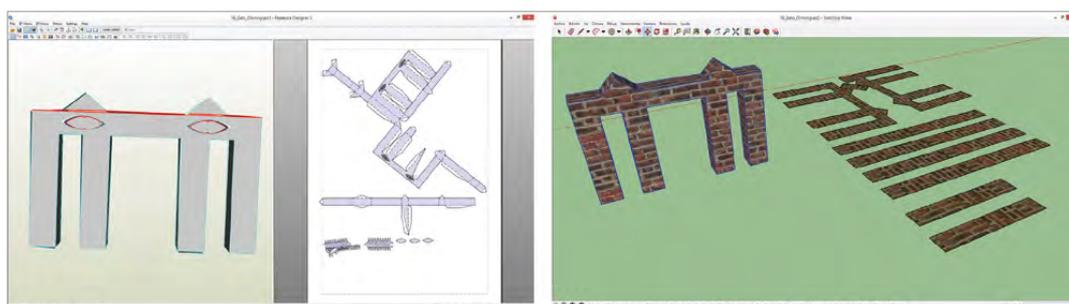


Figura 7. Ejemplos de creación de desplegado digital con Pepakura Designer (izq.) y Unwrap and Flatten de Sketchup Make (dcha.)

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín, Cecile Meier, Dámari Melián-Díaz y Jorge De-la-Torre-Cantero



Figura 8. Libro de recortables con información (izq.) y el modelo montado en papel (dcha.)



Figura 9. Visualización del modelo 3D mediante realidad aumentada

3D a través de la cámara de un dispositivo móvil o la cámara de un ordenador (figura 9). Los libros aumentados ofrecen instrucciones del funcionamiento de la tecnología, donde se detalla la aplicación de visualización requerida para ver la realidad aumentada.

Un libro aumentado, es decir, un libro con marcas para visualizar realidad aumentada, permite convertir un modelo 3D en un archivo para visualizar a través de un dispositivo digital o una cámara de ordenador

Para crear un libro aumentado, es decir, un libro con dibujos o marcas para visualizar RA, existen programas, algunos con versiones gratuitas, como *Augment*, *Layar*, *Aurasma*, *Augmentaty*, *ARMedia*, etc. Estos programas permiten convertir un modelo 3D en un archivo para visualizar en RA a través de un dispositivo digital o una cámara de ordenador, enfocando a una marca (figura 9).

Para este artículo se han creado los ficheros de RA con *AR-Media* de *Inglobe Technologies*, un plugin (complemento que añade una funcionalidad adicional a un software) gratuito en su versión educativa para el programa de modelado 3D *SketchUp*. Permite transformar un modelo tridimensional en un fichero de realidad aumentada. En la tabla 1 se detallan los pasos para la visualización en RA del ejemplo de este artículo.

En este caso, a diferencia del anterior, aunque el libro es de papel es necesario usar un dispositivo digital con una aplicación específica y el modelo descargado para visualizarlo. Es importante señalar que para realizar la descarga del visualizador y del fichero de RA se precisa disponer de conexión a internet, aunque una vez realizada dicha descarga, el sistema funciona sin conexión a la Red.

La RA permite interactuar con el modelo 3D, movernos alrededor del mismo, hacer zoom, y girarlo con gestos de nuestras manos. Sin embargo, este proceso es sensible a las

condiciones externas como puede ser la luz, la posición de la marca, o el tipo de movimiento requerido, ya que si la cámara deja de ver la marca, se deja de visualizar el objeto 3D.

2.1.4. Libro de papel con enlaces a visualizadores 3D online

Uno de los medios utilizados para conseguir que un libro de papel incluya información digital es mediante la referencia a una web, lo que obliga al lector a teclear la dirección web. Esta operación puede ser engorrosa ya que las direcciones suelen tener caracteres alfanuméricos complejos y de gran extensión. Existen estrategias para simplificar este proceso. Una de ellas es utilizar las direcciones url cortas y otra emplear aplicaciones que permiten, mediante un código, acceder a la dirección indicada, por ejemplo un código QR.

El código QR (*Quick Response*) fue creado en 1994 por la compañía japonesa *Denso Wave*. Los urls se convierten en una especie de código de barras que puede ser leído por las cámaras de los dispositivos móviles. Existen muchos generadores de código QR libres y gratuitos en internet (por ejemplo, *QR code creator*), que facilitan su generación y uso (*Walsh*, 2010).

<http://www.qrstuff.com>

Tabla 1. Instrucciones para la visualización en realidad aumentada (RA)

Instrucciones para la visualización en RA del modelo 3D de la escultura de Óscar Domínguez	
Instalar la aplicación <i>ARMedia Player</i> de <i>Inglobe Technologies</i> en el dispositivo móvil digital (versión <i>Android</i> o <i>iOS</i>).	
Descargar el fichero de RA "18_Gato_Dominguez.armedia" en el dispositivo digital. https://goo.gl/bl23IG	
Abrir con <i>ARMedia Player</i>	
Seleccionar el modelo "18_Gato_Dominguez.armedia" (para ello es posible que haya que actualizar la base de datos de la aplicación)	
Enfocar esta marca de RA con la cámara del dispositivo y visualizar el objeto en RA.	

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		



Figura 10. Visualización de un objeto 3D en SketchFab. Acceso desde un código QR. Tras cargar el modelo 3D en internet, es posible interactuar con el mismo girándolo y haciendo zoom directamente con los dedos. Una vez se ha visualizado el enlace ya no es necesario que el dispositivo siga enfocando al código QR (tabla 2).



Figura 11. Modelo 3D en una aplicación de visualización de objetos 3D. Acceso desde un código QR. Al igual que con la RA, es posible interactuar con el modelo haciendo giros, cambios de escala y rotaciones directamente con movimientos de los dedos. Una vez está descargado el modelo 3D ya no es necesario que el dispositivo siga enfocando al código QR (tabla 3).

Para incluir un modelo 3D en un libro de papel se puede usar un enlace o código QR que conecte con un modelo tridimensional que se visualiza directamente en el navegador de internet (figura 10). Existen webs especializadas en la difusión y/o venta de modelos tridimensionales (*Thingiverse, Grabcad, 3D Warehouse, SketchFab*, etc.). También algunos museos e instituciones están poniendo disponibles para visualizar online sus modelos 3D, como por ejemplo la *Smithsonian Institution*, o el proyecto para divulgación de patrimonio en 3D del *Virtual World Heritage Laboratory*:
<http://3d.si.edu>
<http://vwhl.clas.virginia.edu>

El diseño de un libro de recortables es una manera económica de divulgar objetos 3D en un aula sin acceso a internet ni dispositivos digitales

Este sistema representa una alternativa más simple a la de visualización con realidad aumentada y además no requiere estar enfocando continuamente el código. Sin embargo sólo funciona mientras se disponga de conexión a internet. Además en muchos casos, debido a la configuración y políticas de los repositorios, no se permite descargar estos modelos en nuestros dispositivos. Esto no representa una gran limitación, siempre que nuestro objetivo sea la visualización del objeto 3D y no el disponer de él para por ejemplo editarlo o imprimirlo en 3D.

Tabla 2. Instrucciones para visualización online

Instrucciones para la visualización del ejemplo de este artículo desde un código QR enlazado a SketchFab	
Instalar una aplicación de lector de código QR (por ejemplo QR code reader) en el dispositivo móvil	
Abrir la aplicación y enfocar a la marca del código QR.	

2.1.5. Libro de papel con enlaces para descargar objetos tridimensionales

Otra opción de incorporar objetos 3D en un libro es enlazar con repositorios de objetos 3D. Desde la aparición de aplicaciones como *Dropbox, Drive, Mega o Box*, que permiten almacenar información en la nube (internet), cualquier usuario puede cargar modelos 3D en la nube y compartir estos ficheros a través de un enlace, como puede ser un código QR.

Descargar, abrir o trabajar con texto, imágenes, gráficos o vídeos está normalizado en todos los dispositivos, sin embargo la visualización e interacción con modelos 3D digitales es poco habitual. Tradicionalmente sólo se podían visualizar archivos tridimensionales en programas de modelado 3D. En la actualidad esta limitación se ha superado, pudiéndose visualizar e interactuar con modelos tridimensionales en cualquier dispositivo digital que disponga de una aplicación de visualización 3D, como *3D Viewer, HD Model Viewer, A360, i3D Viewer, CAD View 3D, MeshLab, Graphite*, etc. Una vez descargado y abierto el archivo, se queda en una galería dentro de la aplicación en nuestro dispositivo, permitiendo visualizarlo sin necesidad de conexión internet (figura 11).

Los libros de papel con enlaces a repositorios de objetos representan un proceso más complejo que el ejemplo ante-

Tabla 3. Instrucciones para visualizar objetos 3D en repositorios

Instrucciones para descargar y visualizar objetos 3D en repositorios	
Instalar una aplicación de lectura de código QR (por ejemplo QR code reader) en el dispositivo digital.	
Instalar el visualizador 3D, por ejemplo Meshlab (iOS) o Graphite (Android)	
Enfocar la marca del código QR con la aplicación descargada.	
Una vez en la carpeta del repositorio descargar el archivo con el objeto 3D seleccionado.	
Utilizar el visualizador 3D para ver el objeto descargado.	

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín, Cecile Meier, Dámari Melián-Díaz y Jorge De-la-Torre-Cantero



Figura 12. Visualización de un objeto 3D en un *iBook*

rior de enlazar a un visualizador 3D online, ya que implica (al igual que con la realidad aumentada) la instalación de una aplicación y la descarga de un fichero. Sin embargo, tiene la ventaja de que no requiere estar enfocando continuamente el código QR y que una vez descargados los objetos se pueden visualizar sin necesidad de conexión a internet ya que se quedan almacenadas en nuestro dispositivo.

2.2. Incorporación de objetos tridimensionales en libros digitales

Los libros digitales se pueden crear en múltiples formatos, no todos ellos con el mismo grado de estandarización (Browne, 2012). Prácticamente, cualquier formato de libro digital permite incluir con facilidad enlaces, imágenes, video y sonido, una vez superados los problemas aún existentes de normalización en visores y tabletas. Sin embargo la mayoría de estos formatos no contempla incluir objetos tridimensionales, con excepción del formato PDF 3D o el *iBook*. A continuación se detallan cuatro opciones para incluir objetos 3D en libros digitales.

2.2.1. Libro digital en formato *iBook*

La aplicación *iBooks Author* presentada por *Apple* en 2012 permite incluir contenidos multimedia (imágenes, videos, cuestionarios, objetos 3D, animaciones, gráficos interactivos). En concreto, los modelos 3D hay que importarlos en formato *Collada* y una vez insertados pasan a formar parte integral del libro. Esta herramienta permite crear libros mul-

timedia para dispositivos *Apple*, a través de un entorno gratuito de desarrollo muy intuitivo, pensado para profesores y divulgadores (Kwok, 2012).

La ventaja de un *iBook* es que una vez descargado el archivo, se puede visualizar el contenido 3D interactivo sin necesidad de conexión a internet, con lo cual reproduce a la perfección las características de movilidad de un libro de papel. Para este artículo, se ha realizado un *iBook* (figura 12) con modelos 3D que se pueden descargar y visualizar en cualquier dispositivo *Apple* (*iPhone*, *iPad* y *Mac*).

<https://goo.gl/sYdA95>

2.2.2. Libros digitales en formato *Adobe PDF 3D*

El formato PDF ha sido durante años el estándar para documentos digitales imprimibles y, desde 2008, es la norma *ISO 32000*. El formato especial 3D-PDF permite incorporar contenido multimedia y modelos 3D (Ruthensteiner; Heß, 2008).

Para crear un PDF 3D se puede usar el programa *Adobe PDF Pro*, que permite diseñar un libro e incorporar contenido 3D. Sin embargo no es un programa diseñado para usuarios sin experiencia y además sólo está disponible de manera gratuita en versión de prueba de 30 días. El PDF-3D se puede abrir con cualquier lector de ficheros PDF, sin embargo para la correcta visualización de los modelos 3D es necesario utilizar *Adobe Reader*. Este programa visualiza el fichero en cualquier dispositivo, aunque todavía presenta problemas en smartphones y tabletas digitales. Debido a ello se han creado otras aplicaciones, como *3D PDF Reader*, que intentan mejorar la visualización en dispositivos móviles. Para este artículo se ha creado un ejemplo (figura 13) de PDF-3D que se puede descargar en:

<https://goo.gl/Kxq5Co>

El formato PDF es un formato ya estandarizado para texto e imágenes. Si se resuelven los problemas de visualización en dispositivos móviles, el PDF 3D, podría convertirse en el formato estándar para incluir objetos tridimensionales en libros digitales.

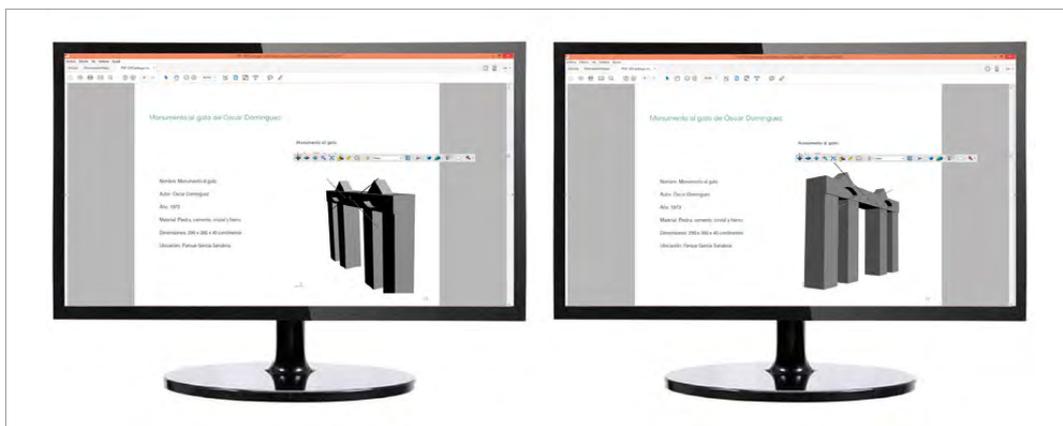


Figura 13. Visualización de un objeto 3D en PDF (*Adobe Acrobat*)

668 *El profesional de la información*, 2016, julio-agosto, v. 25, n. 4. eISSN: 1699-2407

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por:	<i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> En nombre de <i>CECILE MEIER</i>	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
	<i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> En nombre de <i>JOSE LUIS SAORIN PEREZ</i>	19/12/2016 10:05:16
	<i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> En nombre de <i>ERNESTO PEREDA DE PABLO</i>	13/01/2017 15:36:49

2.2.3. Libro digital con enlaces a visualizadores 3D online y repositorios de objetos 3D

Incluir enlaces en un libro digital es una opción en todos los formatos existentes (PDF, epub, Word...). Los enlaces pueden ser a visualizadores 3D online o a repositorios de objetos 3D. Estas dos opciones son iguales que las detalladas en el caso de los libros de papel en los apartados 2.1.4. y 2.1.5. En este caso se ha realizado un ejemplo en PDF con enlace a la escultura del *Monumento al gato* de Óscar Domínguez que se puede descargar en:
<https://goo.gl/BymCxz>

Dicho ejemplo incluye dos enlaces, uno a un visualizador online y otro a un repositorio que permite la descarga del objeto 3D.

De esta manera cualquier persona puede crearse un documento digital que incluya objetos 3D en su contenido. Las limitaciones de cada uno de estos dos sistemas (descarga de aplicaciones y ficheros, conexión a internet, etc.) serán las mismas que las vistas en incluir objetos 3D a través de enlaces en los libros de papel.

3. Conclusiones

En este artículo se han descrito 9 propuestas para la inclusión de modelos tridimensionales en libros, tanto de papel como digitales. No todas las propuestas presentan las mismas características, por lo que se podrá optar por una u otra alternativa dependiendo de:

- tipo de libro que se quiera crear;
- recursos disponibles;
- conocimientos tecnológicos de los autores;
- destinatarios.

Por ejemplo, si los destinatarios son estudiantes de educación infantil o primaria, lo normal, ya que no requiere ninguna formación, será utilizar libros de papel tipo *pop-up* o visualización directa en libros electrónicos como *iBooks* o PDF 3D. Los estudiantes en educación infantil o primaria no siempre tienen dispositivos móviles propios por lo que la utilización de libros electrónicos con contenido 3D directo, tendría que contar con materiales del centro escolar o de la propia familia del estudiante.

Para educación secundaria y superior, los libros (tanto de papel como digitales) con enlaces a visualizadores directos en internet (tipo *SketchFab*), pueden ser muy interesantes al permitir que los alumnos utilicen sus propios dispositivos móviles para ver los modelos 3D. Por otro lado, los libros con *papertoys* pueden ser una buena herramienta de divulgación mediante actividades de construcción de un objeto tridimensional en niveles educativos preuniversitarios.

Para autores que quieran incluir contenido 3D en sus libros, sería necesario un mínimo de formación tecnológica para poder crear o al menos manejar modelos 3D digitales. La manera más simple de incluir estos contenidos tridimensionales sería a través de enlaces (códigos QR o hipervínculos) a modelos ya creados en internet (ej. *SketchFab*). Autores con conocimientos avanzados pueden crearse sus propios *papertoys*, libros *pop-up* o repositorios de modelos 3D o realidad aumentada de una manera gratuita.

En ámbitos educativos, donde las aulas virtuales tienen una gran implantación, los libros digitales con contenidos tridimensionales son adecuados, por su formato, en este tipo de entornos de enseñanza-aprendizaje. Por otro lado, los contenedores online de objetos 3D, entendidos como pequeñas unidades de contenido, cada vez serán más habituales, pudiendo estar enlazados o no a libros digitales.

4. Bibliografía

Andrade-Lotero, Luis-Alejandro; Espitia-Gómez, Carolina; Huertas-Franco, Elquin-Antonio; Aldana-Ahumada, Derly-Rocío; Bacca-Pachón, Paola-Andrea (2012). "Tocar o mirar: comparación de procesos cognitivos en el aprendizaje con o sin manipulación física". *Psicología educativa*, v. 18, n. 1, pp. 29-40.
<http://dx.doi.org/10.5093/ed2012a3>

Avella, Natalie (2003). *Paper engineering: 3D design techniques for a 2D material*. Rotovision. ISBN: 978 2880467111

Azuma, Ronald (1997). "A survey of augmented reality". *Presence*, v. 6, n. 4, pp. 355-385.
<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
<http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

Azuma, Ronald; Baillet, Yohan; Behringer, Reinhold; Feiner, Steven (2001). "Recent advances in augmented reality". *IEEE Computer graphics and applications*, v. 21, pp. 34-37.
<http://dx.doi.org/10.1109/38.963459>

Berube, Linda (2005). "E-books in public libraries: a terminal or termination technology?". *Interlending and document supply*, v. 33, n. 1, pp. 14-18.
<http://dx.doi.org/10.1108/02641610510582090>

Billinghurst, Mark; Kato, Hirokazu; Poupyrev, Ivan (2001). "The magic book—moving seamlessly between reality and virtuality". *IEEE computer graphics and applications*, v. 21, n. 3, pp. 6-8
<http://dx.doi.org/10.1109/38.920621>

Browne, Glenda (2012). "Indexes in tomorrow's world". En: *Australian Society for Technical Communicators (NSW) conference*, Sydney.
<http://www.webindexing.com.au/indexes-in-tomorrows-world-astc-nsw-conference-presentation-november-2012>

Connolly, Daniel K. (1999). "Imagined pilgrimage in the itinerary maps of Matthew Paris". *The art bulletin*, v. 81, n. 4, pp. 598-622.
http://www.jstor.org/stable/3051336?seq=1#page_scan_tab_contents

Damisch, Hubert (1997). *El origen de la perspectiva*. España: Alianza Editorial. ISBN: 84 206 7143 6

Doctorow, Cory (2004). *Ebooks: Neither E, nor books*. FQ Books.
<http://craphound.com/ebooksneitherenorbooks.txt>
<http://jamillan.com/doctorow.htm>

Gértrudix-Barrio, Manuel; Álvarez-García, Sergio; Galisto-del-Valle, Antonio; Gálvez-de-la-Cuesta, María-del-Carmen; Gértrudix-Barrio, Felipe (2007). "Acciones de diseño y desarrollo de objetos educativos digitales: programas ins-

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Carlos Carbonell-Carrera, José-Luis Saorín, Cecile Meier, Dámari Melián-Díaz y Jorge De-la-Torre-Cantero

titucionales". *Revista de universidad y sociedad del conocimiento (RUSC)*, v. 4, n. 1.

http://www.uoc.edu/rusc/4/1/dt/esp/gertrudix_alvarez_galisteo_galvez.pdf

Glassner, Andrew (2002). "Interactive pop-up card design". *Computer graphics and applications*, v. 22, n. 1, pp. 79-86. <http://dx.doi.org/10.1109/38.988749>

Haining, Peter (1979). *Movable books: An illustrated history*. London: New English Library. ISBN: 978 0450039492

Iizuka, Satoshi; Endo, Yuki; Mitani, Jun; Kanamori, Yoshihiro; Fukui, Yukio (2011). "An interactive design system for pop-up cards with a physical simulation". *The visual computer*, v. 27, n. 6-8, pp. 605-612.

<http://www.npal.cs.tsukuba.ac.jp/~iizuka/projects/popup/data/fulltext.pdf>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00371-011-0564-0>

IVAM (2004). *Los talleres didácticos del IVAM 1998-2005*. Valencia: Instituto Valenciano de Arte Moderno. ISBN: 978 8448238605

Juan, Carmen; Beatrice, Francesca; Cano, Juan (2008). "An augmented reality system for learning the interior of the human body". En: *Procs of the 8th IEEE intl conf on advanced learning technologies*, pp. 186-188.

<http://users.dsic.upv.es/~mcarmen/docs/HumanBody.pdf>

<http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2008.121>

Kang, Yen-Yu; Wang, Mao-Jiun; Ling, Rungtai (2009). "Usability evaluation of e-books". *Displays*, v. 30, pp. 49-52.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.displa.2008.12.002>

Kwok, Roberta (2012). "Going digital". *Nature*, v. 485, pp. 405-407.

<http://dx.doi.org/10.1038/nj73>

Rao, Siriginidi-Subba (2005). "Electronic books: their inte-

gration into library and information center". *The electronic library*, v. 23, n. 1, pp. 116-140.

<http://dx.doi.org/10.1108/02640470510582790>

Reid-Walsh, Jacqueline (2012). "Books or toys?: A traveller's tale: Researching early movable books for and by children in material and virtual collections". *Explorations into children's literature*, v. 22, n. 1, pp. 156-169.

Rodríguez-Bravo, Blanca; Pacios, Ana-Reyes; Vianello-Osti, Marina; Moro-Cabero, Manuela; De-la-Mano-González, Marta (2015). "Digital transition of teaching learning resources at Spanish universities". *El profesional de la Información*, v. 24, n. 6, pp. 737-748.

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2015.nov.05>

Ruthensteiner, Bernhard; Heß, Martin (2008). "Embedding 3D models of biological specimens in PDF publications". *Microscopy research and technique*, v. 71, n. 11, pp. 778-786.

<http://dx.doi.org/10.1002/jemt.20618>

Smithsonian Institution (2015). *Smithsonian x3D*.

<http://3d.si.edu/browser>

Ucelli, Giuliana; Conti, Giuseppe; De-Amicis, Raffaele; Servidio, Rocco (2005). "Learning using augmented reality technology: Multiple means of interaction for teaching children the theory of colours". En: *Procs of the 1st intl conf on intelligent technologies for interactive entertainment*, pp. 193-202.

http://dx.doi.org/10.1007/11590323_20

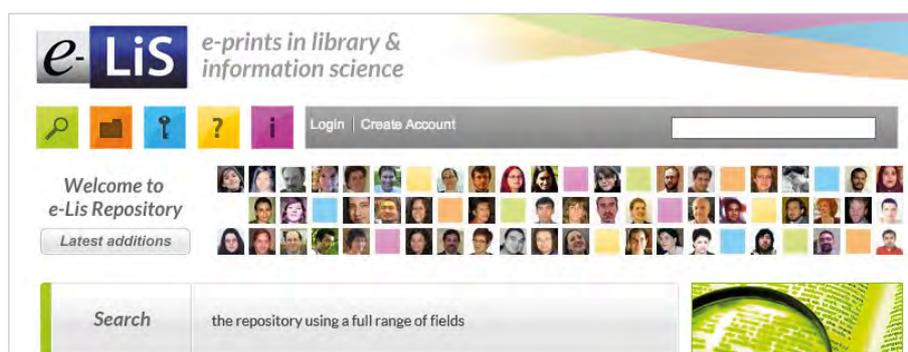
Virtual World Heritage Laboratory (2015). *The digital sculpture project*.

<http://www.digitalsculpture.org/laocoon/index.html>

Walsh, Andrew (2010). "QR codes – Using mobile phones to deliver library instruction and help at the point of need". *Journal of information literacy*, v. 4 n. 1, pp. 55-65.

<http://dx.doi.org/10.11645/4.1.1458>

Da visibilidad a tu trabajo depositándolo en e-LIS, el mayor repositorio internacional sobre biblioteconomía, documentación y comunicación



<http://eprints.rclis.org>

670 *El profesional de la información*, 2016, julio-agosto, v. 25, n. 4. eISSN: 1699-2407

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

2.

Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D.

Education in the Knowledge Society (EKS), 16(2), 129-140.

Latindex
Índice de Impacto:
Journal Scholar Metrics: H5=11

(Junio 2015)

Jose Luís Saorín Pérez, Jorge de la Torre-Cantero, Cecile Meier,
Dámari Melián Díaz, David Rivero Trujillo

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

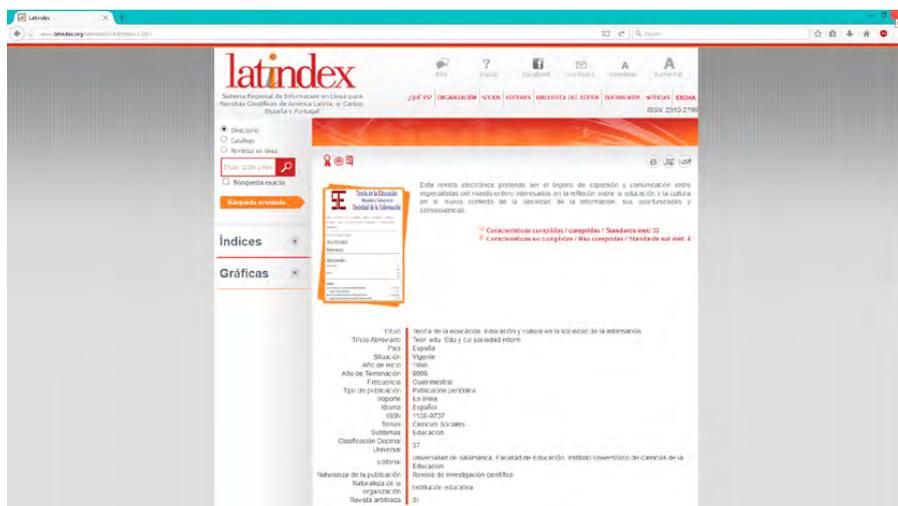
13/01/2017 15:36:49

2.

Education in the Knowledge Society (EKS)

Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D.

<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Latindex (aparece con el nombre TESI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Características cumplidas : 32 • Características no cumplidas: 4
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Journal Scholar Metrics • Índice de impacto: H5: 11 (periodo 2010-2014) • Posición de publicación: 523 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Education • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 1.115



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Acceso

Acceso para suscriptores, autores y editores

Usuario

Contraseña

No cerrar sesión

Idioma

Español

Contenido de la revista

Buscar

Todos

BUSCAR

Navegar

- Por número
- Por autor/a
- Por título
- Otras revistas

JOURNAL SCHOLAR METRICS
ARTS, HUMANITIES, AND SOCIAL SCIENCES

HOME ABOUT METHODOLOGY OUR TEAM OTHER PROJECTS FAQ

Search a journal

Education in the Knowledge Society (eks)

IMPACT INDICATORS

Period	Totals			Withouth journal self citations		
	HS-index	HS-Median	H Citations	HS-index	H Citations	%
2010-2014	11	18	243	11	234	

SUBJECT CATEGORIES AND RANKINGS

Subject Category	Ranking	Position	Quartile
Education	Only core journals	468th (of 1077)	Q2
	All journals	523rd (of 1115)	Q2

INDEXED IN

This journal has only been found on Google Scholar Metrics

Journal Scholar Metrics is a product developed by EC3 Research Group: Evaluación de la Ciencia y la Comunicación Científica. Universidad de Granada. Campus de Cartuja s/n. Granada (Spain).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D

Serious games for digital tablets as an introduction to 3D modeling and printing

José Luis Saorín Cecile Meier Jorge De La Dámari Melian David Rivero
Pérez jlsaorin@ull.es cecile.meier.96@ull.es Torre Cantero Díaz damari_Trujillo@hotmail.com melian@davidrivero@hotmail.com trujillo@hotmail.com

Universidad de la Laguna, España

Fecha de recepción: 28-12-2014

Fecha de aceptación: 11-05-2015

Fecha de revisión: 26-03-2015

Fecha de publicación: 15-06-2015

Palabras clave:

Videjuego; Aprendizaje colaborativo; Aplicaciones; Ipad; Impresión 3D.

Keywords:

Apps; Ipad; 3D Printing; 3D Modeling; Education; Serious Games.

Resumen

En la actualidad, una de las formas más directas por la que los niños acceden a la tecnología digital es mediante los videojuegos. Este aspecto no suele ser considerado en entornos educativos en la adquisición de Competencias Básicas. Sin embargo, existen informes internacionales que valoran la potencialidad de los videojuegos como recurso educativo. En este sentido, desde el 2006, el Informe Horizon incluye los videojuegos educativos como una tecnología con repercusión en la enseñanza, el aprendizaje y la expresión creativa dentro de los entornos educativos. En este mismo informe, a partir del 2012 las

Abstract

Currently, one of the most direct ways children access to digital technology is through games. This aspect is usually not considered in educational settings in the acquisition of Basic Skills. However, there are international reports assessing the potential of video games as an educational resource. Since 2006, the Horizon Report includes educational video games as a technology impact on teaching, learning and creative expression in education environments. In the 2012 Report, Digital Tablets are considered as one of the technologies most likely to be in widespread use in education in the short



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

E K S

Tabletas Digitales son consideradas como una de las tecnologías con mayor posibilidad de ser de uso generalizado en educación a corto plazo. Por otro lado, existen estudios que relacionan mayor interés de alumnos en carreras de ciencia, arte y tecnología al uso prematuro de herramientas de modelado o impresión 3D. En este artículo queremos poner en valor dos aplicaciones, *Blokify* y *Pottery*, disponibles para tabletas digitales, que funcionan como juegos y que introducen al alumno en el modelado y la impresión tridimensional digital.

1. Introducción

Existe una corriente educativa, (*gamification*), que trata de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo y otros valores comunes a todos los juegos, para influir y motivar a los alumnos. Con dos y tres años de edad los niños comienzan a utilizar los dispositivos móviles tipo tabletas y *smartphones* de sus padres para entretenerse con los juegos. El 52,5 % de los menores de 11 a 14 años de edad juega habitualmente con sus dispositivos móviles y el 35,5 % lo hace en alguna ocasión, solo un 11 % afirma no hacerlo nunca (Cánovas, García de Pablo, Oliaga San Atilano, & Aboy Ferrer, 2014).

El informe Horizon 2013 (Horizon, 2013) indica que las tabletas digitales y las impresoras 3D son tecnologías que tendrán impacto en la educación en los próximos cinco años. Las tabletas digitales y dispositivos móviles son usados por el 30 % de los niños españoles

term. On the other hand, there are studies linking student interest in careers in science, art and technology to the premature use of 3D modeling tools or 3D printing. In this article, we want to value two applications, *Blokify* and *Pottery*, available for digital tablets, which work like games that introduce students to the three-dimensional digital modeling and printing.

de 10 años de edad. A los 12 años, casi el 70 % dispone ya de este tipo de tecnología, y a los 14 años el 83 % (Cánovas, García de Pablo, Oliaga San Atilano, & Aboy Ferrer, 2014). Uno de los estudios más extensos sobre tabletas “The iPad as a tool for education – a case study” (Heinrich, 2012) demuestra el impacto significativo y muy positivo en la enseñanza y en el aprendizaje de los alumnos. Las tabletas digitales, debido a su portabilidad y su autonomía, permiten convertir cualquier aula en un espacio digital, eliminando la problemática asociada a aulas de ordenadores.

Por otro lado, las impresoras 3D son máquinas controladas por ordenador que permiten generar objetos mediante adición de material utilizando para ello diferentes tecnologías (plástico fundido, resina fotosensible, etc.); a esta tecnología se la conoce también como



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

prototipado rápido (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013). El abaratamiento de esta tecnología en los últimos años permite pensar en su uso para contextos educativos.

En este artículo se van a analizar dos aplicaciones para tabletas digitales: *Blokify* y *Pottery*. La primera de ellas, *Blokify*, que permite modelar en 3D mediante cubos, con un modo de funcionamiento que recuerda a la construcción con lego. La otra aplicación es *Pottery*, que imita el modelado de barro

en un torno con posterior decoración de las creaciones. Por lo tanto, los dos juegos que tratamos en este artículo son de modelado tridimensional y debido a que funcionan en tabletas digitales, pueden ser aplicados en contextos educativos para asignaturas de dibujo y artes plásticas. Es interesante señalar que ambas aplicaciones cuentan con la posibilidad de imprimir los diseños en una impresora 3D.

2. Antecedentes

El modelado y la impresión 3D, hasta hace aproximadamente ocho años, eran tecnologías reservadas para expertos en la materia y requerían un largo y costoso aprendizaje, además se precisaba un equipo técnico avanzado y el precio de los programas era muy elevado y solo accesible para grandes centros, empresas o universidades (Caño, de la Cruz, & Solano, 2007).

La tecnología de la impresión 3D se empezó a utilizar en los años setenta y desde su aparición, las universidades han tratado de utilizarlas como complemento a su docencia. Desde hace años, el prototipado rápido es un tema habitual en los cursos y en los libros de expresión gráfica dirigidos a estudiantes universitarios. Pero uno de los grandes factores limitantes del uso de esta tecnología en las aulas ha sido el precio. En el año 2000 una máquina de prototipado rápido tenía un precio que oscilaba entre 10.000 y 100.000 dólares, por lo que solo los grandes centros

podían permitirse el lujo de tener una.

Sin embargo, en el año 2005 se crea el proyecto RepRap con el objetivo de abaratar los costes asociados a la impresión 3D. Esta iniciativa dio lugar a la popularización de dichas máquinas, ya que los costes asociadas a fabricar una de ellas eran del orden de los 1000 dólares. Uno de los fundadores del proyecto RepRap, Zach Smith, fundó en 2009 la empresa MakerBot, cuyo objetivo era vender kits de impresoras 3D para que todo el mundo pudiera montarse su propia impresora por menos de 1000 dólares. A partir de ese momento, las impresoras de bajo coste se han popularizado y ha surgido una industria alrededor de ellas. La aparición de esta nueva gama de impresoras permite a la mayoría de los centros educativos disponer de una de ellas y utilizarla en su docencia. Por lo tanto, una vez superado la barrera del precio, es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que nos permitan sacar



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

E K S

partido de las impresoras 3D en entornos educativos (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013).

Respecto al modelado 3D, en el año 2006 se hizo popular el programa *Sketchup* gracias a su distribución gratuita por la empresa Google. *Sketchup* es un programa de libre acceso, multiplataforma (PC y Mac) y de descarga gratuita que nos ofrece la posibilidad de introducirnos en el Modelado 3D con pocos conocimientos y en muy poco tiempo. Dispone de una interfaz amigable, con un reducido número de órdenes intuitivas unido a una sencillez de manejo que propicia un rápido aprendizaje. Debido a estas características, este programa se ha utilizado en entornos educativos en materias relacionadas con el dibujo y para la mejora de la visión espacial (de la Torre Cantero J., Saorín, Carbonell, Del Castillo Cossío, & Contero, 2012).

Otras empresas que desarrollan software de modelado tridimensional están empezando a desarrollar programas con esta nueva manera de entender el modelado 3D. Por ejemplo, Autodesk, que ha desarrollado programas y aplicaciones gratuitas y sencillas de aprender y manejar. Agrupados dentro de una suite llamado *123Dapp*. Cada una de ellas sirve para un modelado específico, por un lado más geométrico como *123D Design* o más orgánico como *123D Creature*. Todas estas cuentan con la posibilidad de imprimir los diseños en una impresora 3D.

Estas aplicaciones tienen una versión desarrollada para tabletas digitales y por ello son ideales para introducirlas en cualquier

aula, sin necesidad de recurrir a aulas específicas de ordenadores. Estas tecnologías de pantallas portátiles con las funciones de ordenador llevan tiempo desarrollándose. Los primeros aparatos que podemos llamar tabletas digitales surgieron en el año 93, llamadas Apple Message Pad, más conocido como Newton. El modelo nunca llegó a tener éxito, pero sin embargo el desarrollo del software que se utilizó por la industria de la electrónica sirvió de base para crear un nuevo aparato electrónico denominado Personal Digital Assistant (PDA). En el año 2001 Microsoft presenta diversos prototipos de Tablet's Pc, pero el funcionamiento y la experiencia de uso de estos dispositivos no logró convencer a la mayoría de los usuarios. Sin embargo, esta iniciativa de Microsoft popularizó el término Tablet PC y sentó las bases de la corriente actual de tabletas digitales. La empresa Apple lanzó en 2010 la primera tableta digital realmente operativa, el iPad, que aprovechaba la experiencia de la empresa con los dispositivos móviles táctiles que ya tenía en el mercado (el iPhone, el iPod Touch) (Escuelapedia, 2014).

Respecto al uso de videojuegos en educación, ya en 1978 G. Ball publicó el artículo "Telegames Teach More Than You Think" (Ball, 1978) en el que estableció cuatro áreas para la evaluación de los videojuegos como medios didácticos: el desarrollo instructivo de los videojuegos, el desarrollo de habilidades por parte de los videojuegos, el diseño de los videojuegos y su capacidad de adaptabilidad y flexibilidad. Uno de los



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

estudios sobre el potencial instructivo de los juegos, realizado por B. Lowery y F. Knirk (1982), más concretamente sobre los videojuegos, destaca la mejora en habilidades espaciales y el beneficio de la simulación tridimensional, aspecto también fundamental de la visualización espacial. En España, en la Universidad de La Laguna, existe una experiencia que utiliza el videojuego *Tetris* como herramienta educativa para la mejora de la visión espacial (Saorín, Martín Gutiérrez, Martín Dorta, & Contero, 2009).

En 1984 S. Long y W. Long (Long & Long, 1984) defienden los principios del aprendizaje motivador que subyacen en los videojuegos: el desafío, la fantasía y la curiosidad. Poco después, S. Silvern (Silvern, 1985-86) publicó un artículo titulado “Classroom Use of Video Games” en el que, de igual modo, defendió todo aquello que los videojuegos pueden

ofrecer en términos de experiencias educativas útiles.

En 1998 se publica el libro “Jugando con Videojuegos: educación y entretenimiento” (Gros, 1998), acerca de la experiencia en la utilización de videojuegos en el aula. La publicación de 2004 “Pantallas, juegos y educación: la alfabetización digital en la escuela” (Gros, 2004), es la construcción de bases sólidas para la integración de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en la educación. En 2011 el Instituto de Tecnologías Educativas, del Departamento de Proyectos Europeos, publica el proyecto Imagine, “Juegos digitales para el aprendizaje” (Instituto de Tecnologías Educativas, 2011). Su objetivo es aumentar la experimentación del aprendizaje basado en juegos y la integración de éste en las enseñanzas generales del sistema educativo.

3. Descripción de las aplicaciones *Blokify* y *Pottery*

Blokify es un juego, gratuito, disponible para tabletas iPad que permite construir figuras mediante el uso de bloques en forma de cubos. Dispone únicamente de dos funciones, una es colocar bloques y la otra eliminarlos. La interfaz del juego es tipo tablero de ajedrez y cuenta con un entorno adaptado para los niños. Prácticamente no es necesario un aprendizaje, solo se necesitan las instrucciones básicas de cómo rotar el espacio y moverse en el entorno de modelado tridimensional (Figura 1). Además la aplicación cuenta

con la posibilidad de imprimir en 3D los modelados tridimensionales.

La otra aplicación es *Pottery*, un juego que imita el proceso de creación de figuras de arcilla en un torno. Se trabaja a base de presionar con el dedo en la pantalla y moldear mediante revolución la arcilla del torno. También permite decorar las figuras con diferentes colores o pinceles. A medida que avanzamos en el juego, “vendiendo” nuestras creaciones, se consiguen puntos para comprar más colores y nuevas decoraciones



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

E K S



Figura 1: interfaz de la aplicación Blokify.

(Figura 2). Esta aplicación cuenta con la posibilidad de imprimir en 3D los diseños, aunque solamente enviándolos por mail a una empresa de servicios de impresión 3D.

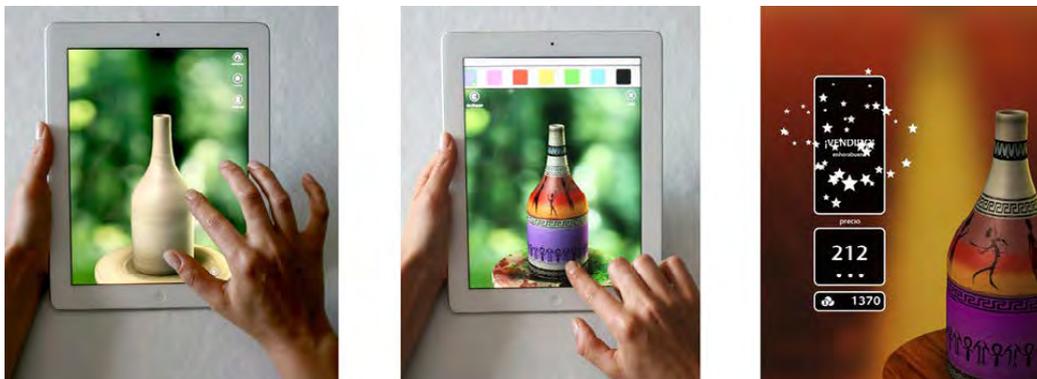


Figura 2: Funcionamiento de la aplicación Pottery.

4. Descripción de las actividades

4.1. Blokify

Una de las actividades que se pueden desarrollar con Blokify es la introducción a las vistas normalizadas como planta, alzado y perfil. La enseñanza de las vistas normalizadas y los objetos en perspectiva se basan en ejercicios sobre papel que incluye dibujos en los que los alumnos deben identificar las figuras y saber sacar las vistas



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

normalizadas. O al revés, sacar el dibujo en tres dimensiones a partir de las tres vistas. La interpretación de los gráficos es compleja y requiere conocimientos específicos y habilidades espaciales (Diezmann & Lowrie, 2009), complicados en un principio para los alumnos.

la elección de carreras más técnicas (Wai, Lubinski, & Benbo, 2009). Estas carreras son más conocidas bajo las iniciales STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), estudios de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Consideradas en 2011, por los organismos estadounidenses

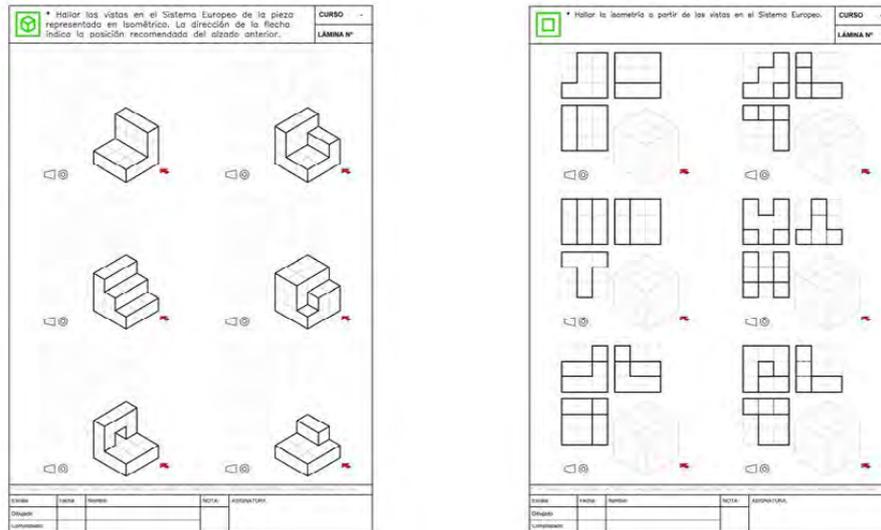


Figura 3: Ejercicios de Perspectivas y vistas normalizadas.

El desarrollo de las habilidades espaciales es un objetivo presente en los currículos a partir de la Educación Secundaria. Incluye las relaciones espaciales y la percepción, visión y rotación espacial (Sjölander, 1998). En la Educación Primaria estos objetivos están relacionados con el espacio físico que rodea al niño (Holloway, 1982).

Está demostrado que las habilidades espaciales se desarrollan mediante entrenamiento (de la Torre Cantero J. , Saorín, Carbonell, Del Castillo Cossío, & Contero, 2012). Y se relaciona mejor conocimiento y facilidad de asimilación de las vistas normalizadas con

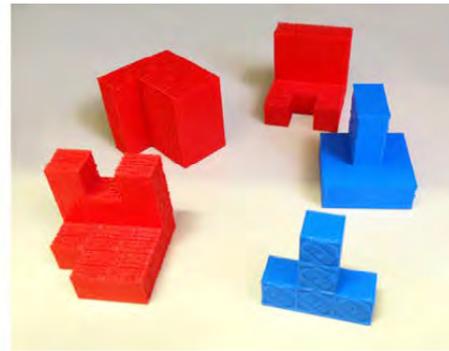
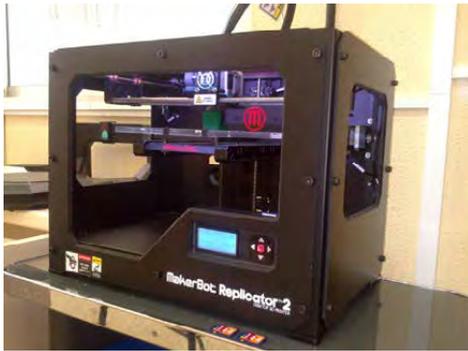
del *United States National Research Council* y la *National Science Foundation*, disciplinas fundamentales para las sociedades tecnológicamente avanzadas e importantes para el desarrollo económico futuro (Brown, DeVillez, & Luczak, 2013).

Para la realización de la actividad, se utilizarán ejercicios impresos con imágenes de objetos 3D y de vistas normalizadas. Las figuras, para que se pueden construir en *Blokify*, deben estar formadas por cubos y no contener rampas ni elementos circulares. La tarea que se les propondrá a los alumnos es que realicen el mayor número de piezas



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

E K S

Figura 4: Figuras de *Blokify* impresas con una impresora 3D.

posibles en el tiempo que resta hasta finalizar la sesión. Realizando primero una figura de los ejercicios a partir de la perspectiva y después a partir de las vistas normalizadas (Figura 3).

Todas las creaciones que se realicen en *Blokify* se podrán imprimir con la impresora 3D (Figura 4), posibilitando así a los alumnos la opción de tocar sus creaciones. Usando las diferentes maneras de ver o percibir el objeto contribuye a la mejora de la visión espacial de los niños (Holloway, 1982).

Por lo tanto, con esta actividad los alumnos juegan con las mismas piezas pero en 4 formatos diferentes (Figura 5).

1. Dibujada sobre papel, interpretando la tridimensionalidad del objeto.
2. Dibujado sobre papel las 3 vistas de un objeto.
3. Modelado en un programa 3D con construcción a base de bloques y posibilidad de rotar el objeto en el espacio.
4. Impresión 3D del objeto diseñado. Teniendo la posibilidad de tocar un objeto físico.

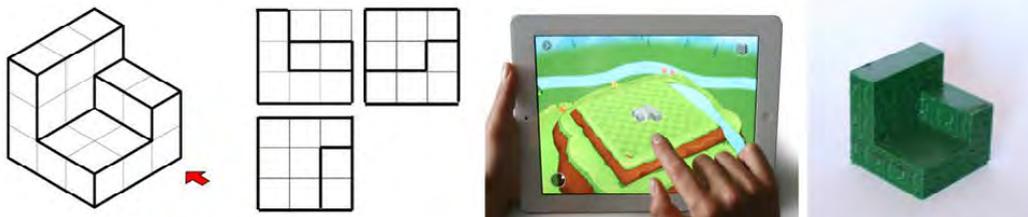


Figura 5: Diferentes formatos del mismo ejercicio.

4.2. Pottery

Como se ha comentado, la aplicación Pottery imita el proceso de creación de figuras de arcilla en un torno. El modelado en un torno pertenece a la profesión de alfarero

o ceramista, y es considerado una de las técnicas más difíciles de esta profesión. El proceso solo permite hacer figuras redondas y simétricas (Midgley, 1982), llamadas también



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

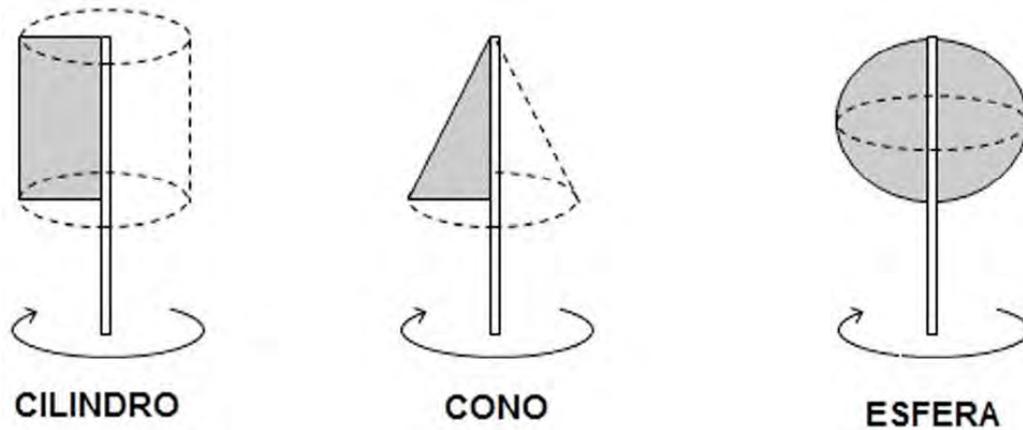


Figura 6: Tipo de representación de las figuras de revolución.

cuerpos o figuras de revolución. Un cuerpo de revolución es aquel que se origina al girar una figura plana alrededor de un eje y crea caras curvas. Los principales son la esfera, el cilindro y el cono. El modelado de arcilla en torno no se incluye en la programación escolar de Primaria o Secundaria, aunque sí en estudios y carreras artísticas, pero el estudio de figuras de revolución ya se encuentra incluido en el currículo desde Secundaria (BOE, 2007). La enseñanza de estas figuras habitualmente se realiza mediante dibujos del perfil y/o en tres dimensiones, lo que obliga al niño a imaginarse esta figura, al girar alrededor de un eje (Figura 6).

como las que se ven en la Figura 7.

El ejercicio consiste en modelar la figura con la aplicación (Figura 8), tratando que el resultado sea lo más parecido posible a la imagen dada. Atendiendo a las diferentes alturas y a la silueta dibujada. La misma actividad también es posible plantearla al revés, que los alumnos creen libremente una figura, pero que luego dibujen la silueta y el eje de rotación del cuerpo de revolución.

La aplicación cuenta con una visualización tridimensional de las figuras y al ser la imitación de un torno siempre están rotando. Aunque hay que tener en cuenta que la aplicación tiene ciertas limitaciones y no se

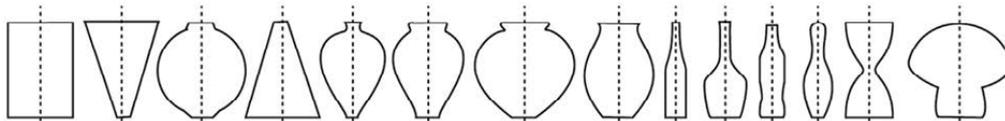


Figura 7: Siluetas de Figuras de revolución.

Pottery nos da la oportunidad de generar cuerpos de revolución directamente y entender a base de practicar con un juego cómo son. Como actividad a realizar con Pottery, se entregan varias siluetas de figuras dibujadas

que puede realizar cualquier figura.

Al principio el juego se centra más en la forma, debido a que no tenemos todavía pinceles ni colores, por lo tanto los ejercicios partirán de una geometría. Conforme se realizan vasijas



E K S



Figura 8: Ejercicio de modelado.

se obtienen elementos ornamentales y colores que permiten adornar las vasijas, por lo que en una segunda fase los ejercicios pueden incluir aspectos creativos que incluyan colores y diseños. Así, cada alumno podrá realizar



Figura 9: Posibilidades de decoración de las vasijas.

una galería de imágenes con sus diseños (Figura 9), presentando estas, como parte del ejercicio.

Al avanzar en el juego, la misma aplicación plantea unos ejercicios a seguir. Facilita una fotografía de una vasija terminada, la cual hay que modelar y decorar exactamente igual. Dependiendo del resultado se obtiene diferentes puntuaciones (Figura 10).



Figura 10: Ejercicio planteado por la aplicación.

5. Conclusiones y futuros trabajos

Blokify y *Pottery*, debido a que son aplicaciones en tabletas digitales, permiten introducir el modelado 3D digital en cualquier aula. Son aplicaciones aptas para iniciar a los niños en el modelado tridimensional, acostumbrándolos a trabajar y desenvolverse en un entorno 3D con medios digitales, sin requerir un aprendizaje ni conocimientos previos de programas de modelado.

Blokify puede ayudar a los alumnos, desde muy jóvenes, a entender las vistas normalizadas, el alzado, la planta y el perfil de un objeto geométrico. Este tema es importante para el dibujo técnico y su conocimiento es necesario para carreras como ingeniería o arquitectura.

Pottery se puede usar para introducir a los alumnos desde Primaria en las figuras de revolución. Nos da la posibilidad de modelar con las manos el perfil de objetos de revolución y así introducir al alumno de forma lúdica en este temario. La posibilidad de trabajar con formas orgánicas y de decorar las vasijas permite desarrollar aspectos creativos de asignaturas de dibujo, diseño y artes plásticas. Por lo tanto, como futuras actuaciones se realizarán estos talleres en entornos escolares y en diferentes niveles educativos, para de esta manera comprobar si, efectivamente, se pueden utilizar como recursos docentes en la enseñanza reglada.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

6. Referencias

- Ball, H. G. (1978). Telegames Teach More Than You Think. *Audiovisual Instruction*, 23(5), 24-26.
- BOE. (2007). La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *REAL DECRETO 1631/2006*. España.
- Brown, J., DeVillez, A., & Luczak, T. (2013). Stem education coalition. Obtenido 17 de mayo, 2013, de <http://www.stemedcoalition.org/>
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP.
- Cánovas, G., García de Pablo, A., Oliaga San Atilano, A., Aboy Ferrer, I., & Protegeles, E. (2014). Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablets y Smartphones. España: Centro de Seguridad en Internet para los Menores en España: PROTEGELES. http://www.diainternetsegura.es/descargas/estudio_movil_smartphones_tablets_v2c.pdf.
- Caño, A., Cruz, M. P., & Solano, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción*, 59(505). <http://dx.doi.org/10.3989/ic.2007.v59.i505.500>
- de la Torre Cantero, J., Saorín, J. L., Carbonell, C., del Castillo Cossío, M., & Contero, M. (2012). Modelado 3D como herramienta educativa para el desarrollo de competencias de los nuevos grados de Bellas Artes. *Arte, Individuo y Sociedad*, 24(2), 179-193. doi: http://dx.doi.org/10.5209/rev_ARIS.2012.v24.n2.39025
- Diezmann, C. M., & Lowrie, T. (2009). *Primary students' spatial visualization and spatial orientation : an evidence base for instruction*. Paper presented at the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
- Escuelapedia. (2014). Origen y evolución del tablet. Obtenido el 24 de mayo, 2014, de <http://www.escuelapedia.com/origen-y-evolucion-del-tablet>
- Gros, B. (1998). *Jugando con los videojuegos: educación y entretenimiento*. Bilbao: Editorial Desclée De Brouwer.
- Gros, B. (2004). *Pantallas, juegos y educación. La alfabetización digital en la escuela*. Desclée De Brouwer.
- Heinrich, P. (2012). *The iPad as a tool for*



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

E K S

education. Kent: Naace.

Holloway, G. (1982). *La concepción del espacio en el niño según Piaget*. Barcelona: Paidós.

Horizon (2013). *Horizon Report Edición sobre Educación Superior 2013*. New Media Consortium. Austin: New Media Consortium.

Instituto de Tecnologías Educativas. (2011). *Imagine: Juegos Digitales para el Aprendizaje*. <http://imaginegames.eu/eng>

Long, S. M., & Long, W. H. (1984). Rethinking Video Games: A New Challenge. *Futurist*, 18(6), 35-37.

Lowery, B., & Knirk, F. (1982). Micro-computer video games and spatial visualization acquisition. *J. Educational Technology Systems*, 11(2), 155-166. <http://dx.doi.org/10.2190/3PAN-CHJM-RT0L-W6AC>

Midgley, B. (1982). *Guía completa de*

escultura, modelado y cerámica: Técnicas y materiales. Oxford: Tursen herman blume.

Saorín, J. L., Martín Gutiérrez, J., Martín Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do videogames improve spatial abilities of engineering students. *International Journal in Engineering Education*, 25(6), 1194-1204.

Silvern, S. B. (1985-86). Classroom Use of Video Games. *Educational Research Quarterly*, 10(1), 10-16.

Sjölander, M. (1998). Spatial cognition and environmental descriptions. In N. Dahlbäck (Ed.), *Exploring Navigation: Towards a Framework for Design and Evaluation of Navigation in Electronic Spaces*. Kista, Sweden: SICS.

Wai, J., Lubinski, D., & Benbo, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <http://dx.doi.org/10.1037/a0016127>



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

3.

Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos.

Arte, Individuo y Sociedad, 27(3), 427-444.

Índice de Impacto (2015):
SCOPUS, SJR= 0,123

(Diciembre 2015)

Jorge de la Torre-Cantero, Jose Luís Saorín Pérez, Cecile Meier,
Dámari Melián Díaz, Drago Díaz Alemán

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

3.

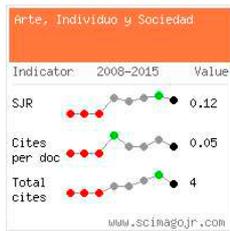
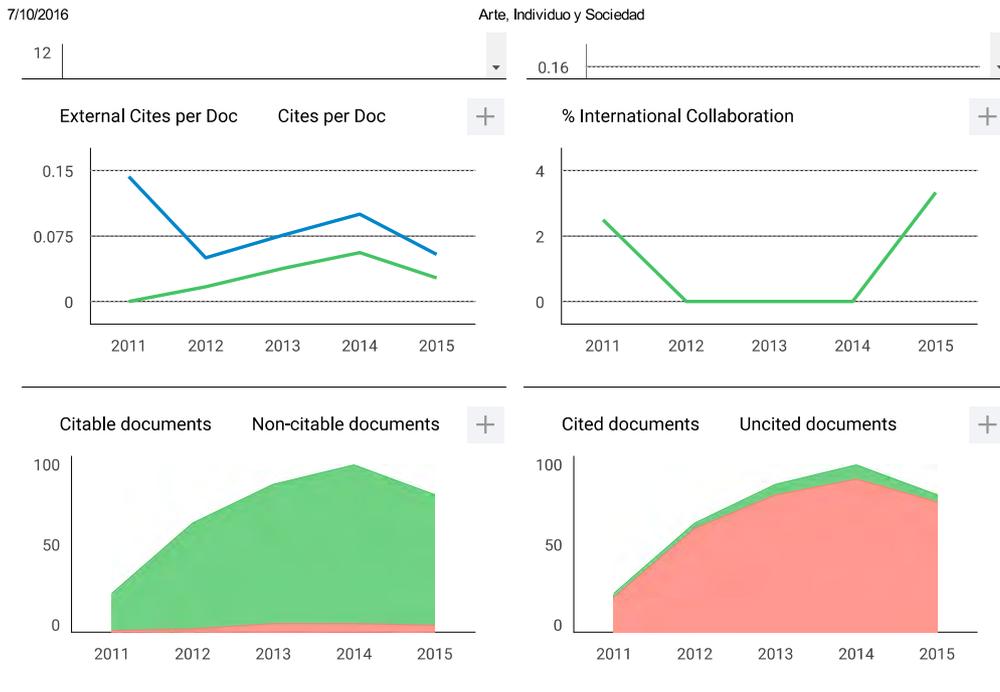
Arte, Individuo y Sociedad

Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos.

<ul style="list-style-type: none"> Fuente de impacto: SCOPUS (SJR) <ul style="list-style-type: none"> Índice de impacto: 0,123 Posición de publicación: 125 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría: Arts and Humanities <ul style="list-style-type: none"> Revista dentro del 25%: No Num. revistas en cat.: 400
<ul style="list-style-type: none"> Fuente de impacto: WOS (JCR) 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría: Arts and Humanities Index (A&HI)



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



← Show this widget in your own website

Just copy the code below and paste within your html code:

```
<a href="http://www.scimag
```

Developed by:



Powered by:



Follow us on Twitter

Scimago Lab, Copyright 2007-2016. Data Source: Scopus®

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos

Creating replicas of scultural heritage through 3D reconstruction and low cost 3D printer in Education

JORGE DE LA TORRE-CANTERO
Universidad de La Laguna
jcantero@ull.edu.es

JÓSE L. SAORÍN
Universidad de La Laguna
jlsaorin@ull.edu.es

CECILE MEIER
Universidad de La Laguna
alu0100305944@ull.edu.es

DÁMARI MELIÁN-DÍAZ
Universidad de La Laguna
alu0100796810@ull.edu.es

MANUEL DRAGO-DÍAZ ALEMÁN
Universidad de La Laguna
madradi@ull.es

Recibido: 10 de julio de 2014

Aprobado: 10 de marzo de 2015

Resumen

El proceso de elaboración de réplicas de patrimonio ha sido tradicionalmente desarrollado por organismos públicos, empresas o museos y no es de uso corriente en centros escolares. Actualmente existen tecnologías que permiten realizar réplicas de una manera muy económica. Los nuevos programas 3D basados en la reconstrucción a partir de fotografías y las impresoras 3D de bajo coste, permiten realizar maquetas del patrimonio con un importe muy inferior al tradicional.

En este artículo se describe el proceso de creación de una réplica de la escultura *El Guerrero de Goslar* del artista Henry Moore, situada en Santa Cruz de Tenerife. Para realizar esta reproducción, primero se han creado modelos 3D digitales utilizando las aplicaciones Recap 360, 123D Catch, Meshmixer y MakerWare. La réplica física, se ha reproducido en ácido poliláctico (PLA) mediante la impresora 3D MakerBot Replicator 2. Además, se incluye un análisis de costes utilizando, por un lado la impresora mencionada, y por otro, servicios de impresión 3D, tanto online como locales. Para finalizar, se ha realizado una acción puntual con 141 alumnos y 12 profesores de secundaria a los que se les ha pasado una encuesta de opinión sobre el uso de réplicas escultóricas en educación.

Palabras clave: impresión 3D, esculturas, patrimonio, educación.

De la Torre-Cantero, J., Saorín, J.L., Meier, C., Melián-Díaz, D., Drago-Díaz Alemán, M. (2015): Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(3) 429-446

Arte, Individuo y Sociedad
2015, 27(3), 429-446

429

ISSN: 1131-5598

http://dx.doi.org/10.5209/rev_ARIS.2015.v27.n3.45864

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Abstract

The process of making replicas of heritage has traditionally been developed by public agencies, corporations and museums and is not commonly used in schools. Currently there are technologies that allow creating cheap replicas. The new 3D reconstruction software, based on photographs and low cost 3D printers allow to make replicas at a cost much lower than traditional.

This article describes the process of creating replicas of the sculpture *Goslar Warrior* of artist Henry Moore, located in Santa Cruz de Tenerife. To make this process, first, a digital model have been created using Autodesk Recap 360, Autodesk 123D Catch and Autodesk Meshmixer MarkerBot MakerWare applications. Physical replication, has been reproduced in polylactic acid (PLA) by MakerBot Replicator 2 3D printer. In addition, a cost analysis using, in one hand, the printer mentioned, and in the other hand, 3D printing services both online and local, is included. Finally, there has been a specific action with 141 students and 12 high school teachers, who filled a questionnaire about the use of sculptural replicas in education.

Keywords: 3D printing, sculptures, heritage, education.

Sumario: 1. Introducción, 2. Antecedentes, 3. Fabricación de la réplicas de patrimonio escultórico, 3.1. Aspectos legales relacionados con las réplicas, 3.2. Fabricación de las réplicas de patrimonio escultórico, 4. Impresoras 3D en educación, 5. Creación de un modelo 3D digital, 5.1. Descripción de las tecnologías utilizadas, 6. Experiencia realizada, 6.1. Creación de la réplica, 6.2. Estimación del coste de la réplica utilizando servicios de impresión 3D, 6.3. Divulgación del proceso de creación de réplicas en entornos educativos, 7. Conclusiones y futuros trabajos. Referencias.

Este artículo recoge resultados de la investigación «Mejora del Razonamiento Espacial y Visual mediante Herramientas Tecnológicas Avanzadas» (ESREVIC) financiada por Ministerio de Educación, Plan Nacional de I + D + I (2008-2011). Ref. TIN2010-21296-C02-02.

1. Introducción

La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura de 1972 destaca la importancia de incrementar el respeto y el aprecio del patrimonio cultural mediante la educación (UNESCO, 2006). Según la Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural que analiza la Educación Artística y Cultural en el contexto escolar en Europa, un objetivo común en todos los países en la educación artística es la comprensión del patrimonio (Eurydice, 2009). El patrimonio cultural abarca monumentos como obras arquitectónicas, artísticas, arqueológicas, o conjuntos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia. El patrimonio escultórico es una parte importante del patrimonio artístico. Una estrategia utilizada habitualmente en la enseñanza del patrimonio escultórico es incluirlo en contenidos transversales dentro de diversas asignaturas o de manera directa en clases de historia, sociales, cultura o arte. Dentro de esta estrategia se incluyen visitas a museos, excursiones y utilización de distintos soportes gráficos. Las réplicas habitualmente se utilizan en los museos para reemplazar patrimonio cultural como obras escultóricas, arqueológicas o arquitectónicas que por su fragilidad, posible deterioro u otras razones, no pueden ser expuestas. Hasta ahora, para la elaboración de las réplicas se recurre a expertos de diferentes especialidades y se utilizan tecnologías y procedimientos complejos. Con la aparición de tecnologías de bajo coste es posible hacer extensible el uso de réplicas en entornos educativos.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

2. Antecedentes

Una réplica es una reproducción, con la máxima exactitud posible, del original de un objeto y puede ser de distinto material y tener diferente escala (Almagro Gorbea, 1988). Una de las razones por las cuales se realiza una réplica es para reemplazar una obra de gran valía y evitar que sufra deterioros. A las réplicas se les atribuye un valor destacado porque sirven para transmitir el arte al público en general, y sin su existencia sólo especialistas o investigadores tendrían acceso a obras de arte protegidas.

Un campo donde se usan réplicas desde hace más de cien años es la arqueología. Los restos arqueológicos muchas veces son delicados o están muy deteriorados y el uso de copias permite que el público en general pueda apreciarlos y acceda a los mismos sin el riesgo de dañarlos que conlleva (Crasbom Chavarría & Orrego Corzo, 2007). Dentro de las investigaciones paleontológicas, el uso de réplicas se hace casi indispensable, ya que facilita de manera considerable el trabajo a los investigadores o museos (Arribas, et al., 2004). Las réplicas usadas en el campo del patrimonio arquitectónico se utilizan, recreando edificios históricos, en museos de miniaturas y en tiendas de coleccionismo. Otro caso, por ejemplo, en China se reproducen edificios o ciudades enteras a escala real. En 2012 se construyó una réplica de Hallstatt pueblo de Austria, declarado Patrimonio Mundial por la Unesco, en la provincia china de Guangdong (Morris, 2014). También está en construcción una réplica del centro sagrado de Tenochtitlán, la capital del Imperio Azteca, para la conservación del original (Hernández Martínez, 2007).

La copia del patrimonio artístico es muy frecuente para que los amantes del arte puedan adquirir una réplica exacta a un precio inferior al original. Las primeras copias conocidas de esculturas surgieron en el siglo II y I aC. Cuando los romanos realizaron réplicas de esculturas griegas clásicas hechas en el siglo V y IV aC. En la época del renacimiento los artistas comenzaron a usar réplicas de estatuas de la Antigüedad para el “dibujo de estatua”, técnica que se extendió a finales del siglo XVII con el inicio de la Academias de Bellas Artes, por lo que se multiplicaron las réplicas en yeso, creando importantes colecciones en éstas escuelas. La creación de duplicados alcanzó un auge en el s. XIX cuando se crean varios museos de reproducciones. Durante el pasado siglo las réplicas de esculturas empezaron a perder aprecio, y se empieza a valorar el poder contemplar el original de la obra (Luzón Nogué, 2003). Un proyecto actual que trabaja con réplicas del patrimonio cultural y la creación de modelos digitales es el creado por MIDEA (Marcus Institute for Digital Education in the Arts), que trabaja entre otras cosas, en la realización de réplicas de patrimonio cultural para su preservación (Marcus Institute for Digital Education in the Arts, 2009).

Los proyectos con el uso de réplicas en museos o investigaciones han sido reservados para grandes empresas u organismos, pero han sido imposibles de introducir de manera generalizada en un entorno escolar. Los museos son las primeras instituciones que usan las réplicas con fines educativos, pero el acceso de alumnos a los museos es limitado. Sin embargo, con la aparición de nuevas tecnologías y la constante digitalización han aparecido nuevas iniciativas para conservar y divulgar el patrimonio.

El proyecto creado por distintos museos de Reino Unido junto al Departamento Geológico Británico (BGS), en el que se lanzó una base de datos con cientos de modelos de fósiles en tres dimensiones, disponibles para descargar, visualizar en formato digital

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

e imprimir en 3D. Estos proyectos cuentan con un enfoque educativo y trabajan con centros escolares, organizando visitas guiadas o facilitando material y recursos. Además, este proyecto brinda la posibilidad de visualizar los fósiles en cualquier aula, en un ordenador con conexión a internet, además de poder imprimir una réplica si se dispone de una impresora 3D (British Geological Survey, 2013). No sólo en proyectos oficiales se puede encontrar patrimonio para uso personal o educativo. Existen galerías 3D de libre acceso y de descarga gratuita donde se encuentran réplicas digitales de patrimonio con la posibilidad de imprimirlas, realizando una reproducción física con cualquier impresora 3D. En éstas páginas web están disponibles para su descarga, por ejemplo, *El David* de Miguel Ángel (Fig. 1) o *El pensador* de Rodin (MakerBot, 2008). Debido a la aparición de cada vez más objetos digitalizados en 3D, podemos pensar en la inclusión de modelos tridimensionales en la educación.

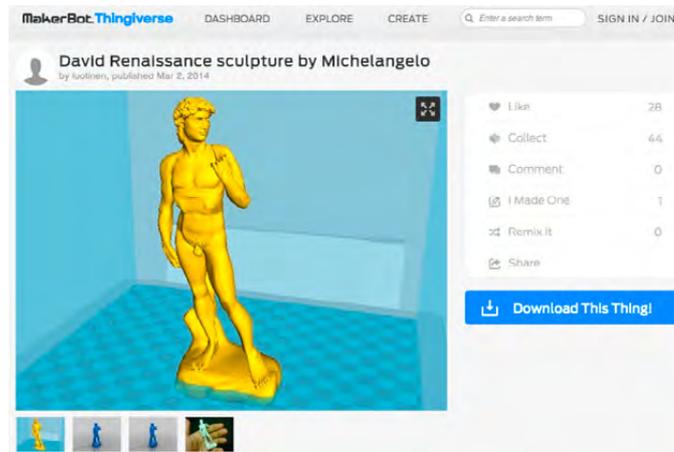


Figura 1. Modelo 3D de *El David* de Miguel Ángel, descargable en Thingiverse. (Imagen de la web: <http://www.thingiverse.com/>).

3. Fabricación de réplicas de patrimonio escultórico

3.1. Aspectos legales relacionados con las réplicas

La propiedad intelectual de una obra literaria, artística o científica corresponde al autor por el sólo hecho de su creación. Respecto a los materiales accesibles a través de la red, podemos leerlos, verlos u oírlos gratuitamente si así lo ha decidido su autor, sin embargo no podemos copiarlos, ni redistribuirlos sin su autorización. Al escanear una escultura con cualquier técnica, ya sea láser o fotografías, estamos realizando una copia de un objeto protegido por el Copyright. Por esta razón, copiar y distribuir una escultura requiere el permiso de la persona que tiene los derechos de reproducción (Weinberg, 2013).

Sin embargo, según consta en el apartado 2, del artículo 32 de la ley de propiedad intelectual (Boletín Oficial del Estado, 2006) “Cita e ilustración de la enseñanza: No necesitará autorización del autor el profesorado de la educación reglada para realizar actos de reproducción, distribución y comunicación pública de pequeños fragmentos

de obras o de obras aisladas de carácter plástico o fotográfico figurativo, excluidos los libros de texto y los manuales universitarios, cuando tales actos se hagan únicamente para la ilustración de sus actividades educativas en las aulas, en la medida justificada por la finalidad no comercial perseguida, siempre que se trate de obras ya divulgadas y, salvo en los casos en que resulte imposible, se incluyan el nombre del autor y la fuente”.

En este artículo, para ilustrar el proceso de creación de una réplica, se ha escogido la escultura *El Guerrero de Goslar* de Henry Moore (Castleford, Inglaterra, 1898-1986). Dicha obra está situada en la rambla de Santa Cruz de Tenerife (Canarias-España) y se colocó en 1977 para sustituir a *Reclining Figure*, del mismo artista, que había formado parte de la I Exposición Internacional de Esculturas en la Calle, celebrada en la ciudad en 1973. Forma parte del patrimonio de la ciudad y en 2007, el Gobierno de Canarias la ha declarado Bien de Interés Cultural (BIC) (Boletín Oficial de Canarias, 2007). Esta obra está realizada en bronce, con unas dimensiones de 170 x 360 x 181 cm. y según el BOC de junio de 2007, es una “representación de un guerrero caído, figura recostada con la cabeza en un extremo y el escudo a los pies, en el lado opuesto” (Fig. 2). Curiosamente, la obra es una réplica del original que está en los jardines del Mönchehaus Museun für Moderne Kunst Goslar, en Alemania (Tourist Information Goslar, 2014). En 2008, el ayuntamiento de Santa Cruz cede la obra para la inauguración del Tenerife Espacio de las Artes (TEA) y es en este espacio cultural donde, en marzo de 2009, se celebra un taller infantil en el que los niños se introducían en el concepto de la escultura y sus peculiaridades acercándose a esta creación de Henry Moore, realizando reproducciones a escala de la obra original y transformándola mediante diferentes técnicas y procedimientos plásticos (La Laguna Ahora. El periódico digital de La Laguna, 2009). Finalmente, en mayo de 2009 vuelve a situarse en su ubicación original, en Las Ramblas de Santa Cruz, donde se encuentra actualmente. Las características comentadas hacen que sea una obra con gran potencial para la divulgación del patrimonio escultórico en entornos educativos. Debido a que Henry Moore murió en 1986, los derechos de copyright están vigentes; sin embargo, en este artículo sólo se pretende analizar la viabilidad técnica y económica de realizar réplicas con el objeto de utilizarlas con fines educativos.



Figura 2. Escultura Guerrero de Goslar (Rambla de Santa Cruz de Tenerife). (Imagen de autoría propia).

Arte, Individuo y Sociedad
2015, 27(3), 429-446

433

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

3.2. Fabricación de réplicas de patrimonio escultórico

Para crear una réplica de una escultura primero hay que realizar una copia del modelo actual que actuará de molde o referencia y luego materializar las réplicas propiamente dichas. Tradicionalmente, para crear la primera réplica se han utilizado varios procedimientos, entre ellos el sacado de puntos por coordenadas, o medidas, de la escultura. En este método, una vez se han obtenido los puntos se procede a realizar mediante técnicas manuales la réplica a escala. Otra manera de elaborar réplicas es el uso del pantógrafo. Con él, se pueden hacer copias tanto de paneles (relieves) como de figuras tridimensionales. El pantógrafo se utiliza sobre todo para tallas en madera y funciona como un fresado tridimensional (Educastur, 2008). Por otra parte, también se trabaja con moldes para elaborar una réplica. Sin embargo, un molde tiene durabilidad limitada y necesita de un proceso manual de limpieza de la figura. Las técnicas tradicionales de obtener réplicas representan una manera de trabajar costosa y lenta, además, en muchos casos no es posible el uso de moldes por la fragilidad del objeto que se ha de reproducir. Por ello, desde hace años se intenta mejorar este procedimiento mediante la incorporación de tecnologías digitales.

En una primera fase las tecnologías aplicadas procedían del mundo de la topografía y estaban basadas en aplicaciones orientadas a la creación de modelos digitales del terreno (MDT). Existen diferentes técnicas topográficas para generar los puntos de la malla 3D del territorio; puede hacerse mediante aparatos tradicionales de topografía, mediante fotografías (fotogrametría) o mediante escáner láser (Gonizzi Barsanti, Remondino, & Visintini, 2012). El uso de estas nuevas tecnologías aplicadas al patrimonio, simplifica mucho el proceso de creación de réplicas, aunque el coste siempre ha sido muy alto. Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que se necesita una formación adecuada para poder llevar a cabo las copias con éstos métodos, y además se requieren tecnologías poco accesibles (Lerma, Cabrelles, & Seguí, 2011).

Una vez terminado el proceso de digitalización 3D del objeto, se realiza la reproducción física de la réplica. Una de las tecnologías que posibilitan la fabricación de las réplicas es la impresión 3D, sin embargo uno de los grandes factores que ha limitado el uso de esta tecnología en las aulas ha sido el precio. Hasta el año 2005, una máquina de impresión 3D tenía un precio superior a 20.000 dólares, por lo que sólo los grandes centros se la podían permitir (Johnson, Coates, Hager, & Stevens, 2009).

En el año 2001, en el Media Lab del MIT se crea el proyecto FabLab en colaboración con el Centre for Bits and Atoms (CBA) con el objeto de difundir las tecnologías de fabricación digital. Desde entonces el movimiento fablab se ha globalizado, ayudando a popularizar las tecnologías de fabricación 3D de bajo coste. (Troxler & Wolf, Bending the Rules. The Fab Lab Innovation Ecology, 2010). 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 dichas impresoras se redujeron hasta estar en torno a los 1000 dólares. Uno de los fundadores del proyecto RepRap, Zach Smith, creó en 2009 la empresa MakerBot cuyo objetivo era vender kits de impresoras 3D para que todo el mundo pudiera construirse una, por menos de 1000 dólares. A partir de ese momento, las impresoras de bajo coste se han popularizado y ha surgido una industria alrededor de ellas. La aparición de esta nueva gama de impresoras permite a los centros educativos

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

disponer de ellas y utilizarlas en su docencia. Por lo tanto, una vez superada la barrera del precio, es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que nos permitan sacar partido de esta tecnología en nuestros entornos educativos (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013).

4. Impresoras 3D en la educación

Dentro de los distintos informes internacionales sobre educación existe uno específico en relación a las tecnologías, que se ha convertido en un referente: el “Informe Horizon”. En España, este informe se presenta desde el Instituto de Tecnologías Educativas (ITE), dependiente del Ministerio de Educación y responsable de la integración de las TIC en la enseñanza (TICE). Según el informe Horizon una de las tecnologías que se prevé que tenga impacto en la educación es la impresión 3D (New Media Consortium, 2013).

La impresión 3D existe desde los años 70, sin embargo no se introdujo en el ámbito educativo hasta el año 2000 y fue a través de centros de educación superior. Una de las pioneras fue la Universidad de Illinois, en 2002, donde se utilizó la tecnología de prototipado rápido para realizar un estudio experimental sobre la mejora de las capacidades espaciales de los estudiantes (Czapka, 2002). En 2009, en la Universidad del Estado de Georgia se introdujo un módulo sobre la tecnología de prototipado rápido dentro de la asignatura Ingeniería Gráfica (Wayne M. Johnson, 2009). En 2012, en la Universidad de Alabama y la Universidad de Nevada incorporaron la impresión 3D como un servicio más dentro de las bibliotecas, con el objetivo de atraer nuevos usuarios (Scalfani & Sahib, 2013).

En entornos preuniversitarios, destaca el proyecto KIDE iniciado por Dejan Mitrovic en Londres en el año 2009. Fue diseñado para los niños de las escuelas primarias y desde entonces ha realizado su actividad en varios países de todo el mundo. KIDE es un programa educativo que combina juegos creativos y talleres para desarrollar habilidades constructivas y de ingeniería de diseño en los niños a través del juego, y les permite proyectar y fabricar sus propios juguetes 3D en las escuelas. Se trata de un sistema completo, que incluye impresoras 3D con software sencillo y muchos juegos con tareas creativas (Fig. 3). En el Reino Unido, el gobierno ha apostado, de forma clara, por esta tecnología. El Departamento de Educación de este país, ha incluido este tipo de tecnologías en el currículum, para que los alumnos las conozcan desde muy jóvenes (Department for Education of United Kingdom, 2013).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



Figura 3. Proyecto KIDE. 3D Printshow, Londres 2013. (Imagen de autoría propia).

En España existen pocas referencias bibliográficas sobre la inclusión de estas tecnologías en ámbitos educativos. En Tenerife se han realizado algunas experiencias, como por ejemplo el Proyecto de Innovación Docente de la Universidad de la Laguna (Fig. 4) denominado “Transformación de diseños virtuales 3D en maquetas reales mediante el uso de impresoras 3D de bajo coste” (Saorín, de la Torre Cantero, Zanardi Maffiote, Martín Dorta, & Carbonell Carrera, 2013). También en esta misma isla, surge una interesante iniciativa de divulgación de estas tecnologías en centros escolares de secundaria, promovida desde el Cabildo de Tenerife denominada MoveFab (MoveFab, 2013). Como resultado de dicha divulgación se han diseñado una serie de talleres para promover su utilización en centros educativos (Martín Dorta, de la Torre Cantero, & Saorín Pérez, 2014).



Figura 4. Proyecto de innovación docente en la Universidad de La Laguna, 2013. (Imagen de autoría propia).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

5. Creación de un modelo 3D digital

A pesar de que las tecnologías de impresión 3D han bajado de precio, para poder utilizarlas es necesario disponer de modelos 3D digitales; y aunque existen repositorios de modelos 3D, si queremos imprimir prototipos propios es necesario ser capaz de generarlos y editarlos. Los modelos 3D pueden realizarse de objetos de diseño personal o bien de elementos ya existentes, como puede ser el patrimonio escultórico de una ciudad. En este segundo caso, una técnica para obtener un modelo 3D es la creación de objetos tridimensionales a partir de fotografías. Esta técnica en continuo desarrollo, es una alternativa al escáner láser, pero más económica (Torres, Arroyo, Romo, & De Haro, 2012). Existen varios programas con este tipo de funcionamiento (Photomodeller, Bundler, PMVS2, VisualSFM, Insight3D, AgiSoft PhotoScan, Pix4D, Microsoft Photosynth, 123D Catch, ReCap 360, etc.). De manera generalizada se dividen en tres grupos. Unos que trabajan con algoritmos individuales y resuelvan tareas específicas dentro del proceso de reconstrucción. Otros programas que crean un modelo 3D a partir de fotografías y por último programas online, donde se envían las imágenes por internet, se procesan de forma remota en “la nube” y de este modo se obtiene el modelo 3D. Algunos de estos programas son costosos y necesitan formación específica, sin embargo están apareciendo alternativas asequibles y de manejo sencillo. Para la realización del proceso que se describe en este trabajo se han utilizado dos programas gratuitos, diseñados para su uso en entornos educativos, que además son de manejo fácil e intuitivo y que realizan la labor de reconstrucción 3D en la nube: Autodesk 123D catch y Autodesk Recap 360.

A pesar de que están diseñados para su aplicación en contextos educativos, estos programas tienen grandes prestaciones que permiten utilizarlos, además, en la generación de modelos 3D en proyectos relevantes. Por ejemplo, Tomas P. Kersten demuestra su uso gratuito, inmediato y efectivo para la creación 3D de objetos arqueológicos (Kersten & Lindstaedt, 2012). Otros autores, comparan varios programas de reconstrucción automática y destacan Autodesk 123D Catch por su ajustado precio, la facilidad de uso y las posibilidades de edición del modelo (Brutto & Meli, 2012). Autodesk 123D Catch también se emplea para la reconstrucción de patrimonio arquitectónico con excelentes resultados (Manferdini & Galassi, 2013). Otros autores demuestran, igualmente, el uso efectivo de este programa para obtener modelos que pueden ser la base para extraer información geométrica precisa (Tsioukas, 2013).

En el mismo sentido, también el programa Autodesk Recap 360 se está usando con fines profesionales. El Museo del Mediterráneo y de Oriente Próximo Antigüedades (Medelhavsmuseet) en Estocolmo se sirve, entre otros programas, del Recap 360 para que los visitantes puedan interactuar y rotar modelos 3D de una colección de seis momias (Swedish ICT, 2014).

Una vez obtenido un modelo tridimensional de malla, generalmente hay que editarlo antes de proceder a su impresión. Al igual que en los programas de generación de modelos 3D a partir de fotografías, existen muchos programas (Blender, 3DStudio, ZBrush, MudBox, Maya, Meshmixer...) que permiten editar dichos modelos. En algunos proyectos de documentación de patrimonio (Pomaska, 2013) se están utilizando estas tecnologías.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

5.1. Descripción de las tecnologías utilizadas

Autodesk 123D Catch es un programa gratuito que permite generar modelos 3D a partir de la captura fotográfica de un objeto. Los procesos de cálculo se realizan por computación remota en la nube. Autodesk 123D Catch aparece en noviembre de 2011 en su versión para PC, en mayo de 2012 se crea la versión para iPad y en septiembre del mismo año, surge la versión para iPhone.

Al igual que 123D Catch, ReCap 360 también pertenece a la familia de Autodesk y reproduce en tres dimensiones objetos o lugares a los que previamente se les ha realizado una serie de fotografías. Este programa sólo existe en su versión online, y no necesita descargar ningún programa, ni precisa instalación en el equipo.

El programa 123D Catch dispone de su propio editor de mallas 3D online. Después de subir las fotografías, el programa nos devuelve una malla 3D que podremos modificar los modelos con seis sencillas herramientas. Éstas sirven principalmente para recortar el entorno del objeto fotografiado y cerrar agujeros que se hayan podido generar. En cambio, Autodesk ReCap 360 no dispone de un editor, por lo que es necesario utilizar otros programas para producir el modelo obtenido. Para el trabajo descrito en este artículo se ha utilizado la aplicación gratuita Autodesk Meshmixer.

Meshmixer es una herramienta para mezclar, esculpir, pintar, limpiar y reparar grandes mallas 3D. El objetivo de este programa es facilitar el proceso a aquellos que no son profesionales del modelado 3D. Es un medio simplificado para editar mallas de modelos tridimensionales (Schmidt & Ratto, 2013).

Una vez se ha terminado de editar la malla, para poder ser fabricado el modelo 3D con una impresora 3D, se exporta a un formato estándar (STL, OBJ). Después se ha de generar el fichero (G-code) que sea reconocido por la impresora 3D. Para realizar esta transformación, se ha utilizado el programa gratuito MakerWare, que incorpora todas las opciones necesarias para visualizar, rotar, escalar y mover los diseños que pueden ser utilizados en las impresoras de la empresa MakerBot, entre ellas la Replicator 2 utilizadas en este trabajo. MakerBot Replicator 2 tiene un coste aproximado de 2.500 euros e imprime modelos con medidas de hasta 240 x 140 x 150 mm. MakerBot Replicator 2 trabaja con PLA (polylactic acid), un termoplástico biodegradable, ligero y fácil de utilizar para impresión 3D. Su punto de fusión es más bajo que el plástico ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) utilizado en el mismo tipo de impresoras 3D y por lo tanto, permite una impresión más estable.

6. Experiencia realizada

En esta experiencia se trata de ver la viabilidad técnica y económica de obtener un modelo 3D físico completo a escala de una escultura ubicada en la calle. Este proceso se ha realizado en otras investigaciones (Bourke, 2012), aunque sin la posibilidad de conseguir un modelo tridimensional impreso, debido al elevado importe que hasta hace poco suponía el uso de una impresora 3D. Para el proceso se elige una de las esculturas más importantes de Santa Cruz de Tenerife. Se trata de *El Guerrero de Goslar* de Henry Moore (Fig. 2), declarada como Bien de Interés Cultural por el Gobierno de Canarias en 2007. Una vez realizada la réplica, se presenta el trabajo a alumnos y profesores

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

para disponer de una valoración sobre la posibilidad de incluir este recurso en entornos educativos.

6.1. Creación de la réplica

A la hora de elegir una escultura para su reconstrucción 3D digital a base de fotografías y posterior impresión, se ha tenido en cuenta que la obra se encuentra en un lugar de fácil acceso, debido a su ubicación en medio de una rambla peatonal; por lo tanto, se puede rodear por completo sin peligro, ni dificultad y realizar las fotografías necesarias para su reconstrucción 3D digital. Además, posee unas medidas de 170 x 360 x 181 cm., facilitando, de esta manera, la posibilidad de visualizarla desde todos los ángulos y también desde un punto de vista cenital. Una parte importante del proceso es la iluminación de la escultura, procurando disponer de una luz homogénea y evitar una luz muy lateral, o tomar las fotografías a contraluz. Asimismo, es preciso encuadrar la escultura por completo en cada fotografía y enfocar correctamente.

Se realizaron 59 fotografías desde todos los ángulos de la escultura. Para este proceso se rodeó la escultura 4 veces. Tras completar la primera vuelta de fotografías desde un punto de vista de contrapicado, se comenzó la segunda vuelta desde un punto de vista medio y así hasta sacar las fotografías desde arriba, lo más cenital posible. Entre fotografía y fotografía se procura mantener aproximadamente la misma distancia hasta la escultura.

Para tomar las fotografías se utilizó una cámara Canon 400D. Una vez se obtenidas las imágenes necesarias, se exportan dichas fotografías a un ordenador. Como se ha comentado, se va a realizar la reconstrucción 3D con dos programas (ReCap360 y 123D Catch) que procesan la información fotográfica en la nube. Esta manera de trabajar posibilita obtener un modelo 3D sin necesidad de poseer un ordenador de alta gama. Esto es debido a que en la computación remota, los cálculos complejos, necesarios para la construcción digital de un modelo tridimensional, se realiza en servidores especializados para estas tareas. El trabajo de reconstrucción, puede ser lento (alrededor de una hora) ya que hay que enviar las fotos al servidor, procesar la información y devolver el resultado en forma de un fichero 3D. Una vez finaliza el proceso, el programa genera un aviso automático.

Como resultado, se obtiene un modelo 3D digital que se puede exportar en los formatos (obj, stl...) que son admitidos por otros programas de modelado 3D. Debido a que se parte de fotos realizadas en la calle, se restituye también el entorno alrededor de la escultura (Fig. 5) por lo que será necesario un procesamiento posterior del mismo. En la versión para ordenador de 123D Catch podemos realizar un primer postprocesado del resultado sin necesidad de usar, instalar o aprender otros programas. En este caso, sin embargo los modelos obtenidos de los dos programas serán editados en un programa diferente, aunque igualmente gratuito, Meshmixer.

Arte, Individuo y Sociedad
2015, 27(3), 429-446

439

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

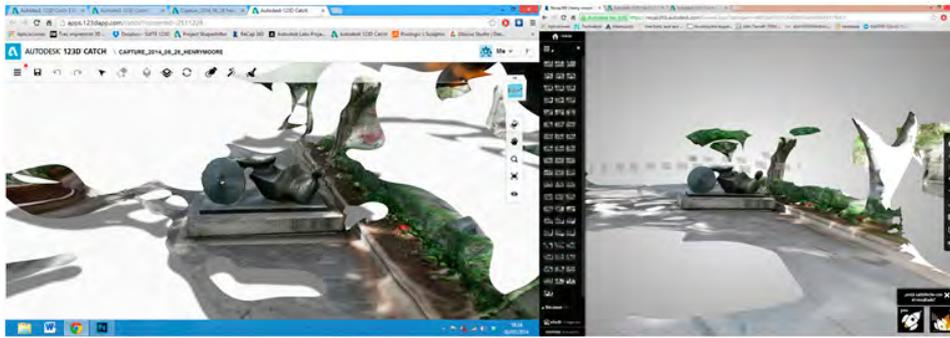


Figura 5. Restitución 3D con 123D Catch (izq.) y con Recap 360 (dcha.).
(Imagen de autoría propia).

Para comenzar a trabajar, se importa el archivo que queremos editar. Nos encontramos con varias herramientas para mejorar el modelo importado. Meshmixer posibilita exportar el modelo tridimensional digital en varios formatos. Para este ejemplo se ha utilizado “.obj”, que es un formato admitido por MakerWare, el programa de manejo de la impresora 3D. En la figura 6 se puede ver los resultados obtenidos después de editar la figura. Se observa que el programa Recap360 proporciona una construcción tridimensional más parecida al original, con más detalles.

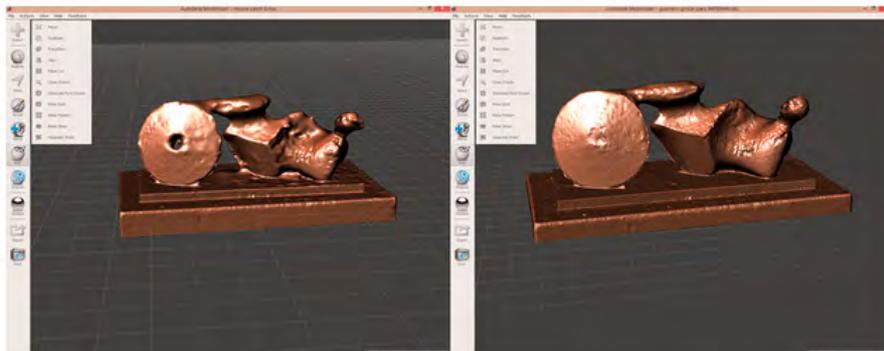


Figura 6. Modelos 3D generado en 123D Catch (izq.) y ReCap 360 (dcha.) editados en Meshmixer.
(Imagen de autoría propia).

Una vez disponemos del fichero en formato “.stl” o “.obj” de *El Guerrero de Goslar* se imprime mediante una MakerBot Replicator 2 una réplica en PLA (polylactic acid) (Fig. 7). Para poder imprimir en una de estas impresoras 3D primero hay que generar, mediante el programa MakerWare suministrado por la impresora, un fichero G-code de extensión X3G que será el que se envíe a la impresora. Para este trabajo se ha realizado una réplica de 5,3 x 10 x 3,9 cm. y 22 gramos de peso. Dicha réplica, con los ajustes de impresión seleccionados (10% relleno, grosor de capa 0,2 mm.) ha necesitado aproximadamente 1,5 horas para estar finalizada. El coste de nuestra réplica, teniendo en cuenta que 1 kg. de PLA cuesta alrededor de 40 euros, será por lo tanto, aproximadamente de 0,9 Euros (sin incluir la amortización de la impresora 3D).



Figura 7. Impresora MakerBot Replicator 2 imprimiendo réplica del Guerrero de Goslar en PLA. (Imagen de autoría propia).

6.2. Estimación del coste de la réplica utilizando servicios de impresión 3D

Si no se dispone de una impresora 3D existe la alternativa de utilizar servicios de impresión online o servicios locales de impresión. La gran ventaja de poseer una impresora 3D, es que después del gasto inicial se puede imprimir siempre que se quiera a un coste muy bajo, ya que el precio del material es mínimo y se gasta poco. El problema es que la mayoría de impresoras asequibles en entornos escolares sólo permiten imprimir en plástico termofusible (PLA, ABS...). Cuando se necesita calidad, volúmenes mayores o materiales diferentes hay que acudir a un servicio especializado. Por eso, junto a la comercialización de las impresoras 3D, han proliferado los servicios de impresión 3D; tiendas que poseen varias impresoras desde las más básicas hasta máquinas profesionales y ofertan el servicio de impresión bajo pedido. Estos servicios de impresión externos pueden salir mucho más baratos si sólo se requiere un número limitado de piezas y en materiales específicos. Se podrán hacer reproducciones en diversos formatos, colores o materiales, aunque el precio varía bastante según el material o tamaño. Para este artículo se han estudiado tres servicios de impresión que funcionan de manera online (Sculpeo, Shapeways, e i.materialise) y uno de impresión local ubicado en Tenerife (Manzanas y 3D).

Shapeways es uno de los primeros servicios de impresión 3D que apareció en Internet. Fue fundada en 2007 en Holanda, y en la actualidad cuenta con sedes en Nueva York, Holanda y Seattle. Dispone de una librería online que cuenta con decenas de miles de objetos diseñados por usuarios y gran variedad de materiales, desde termoplásticos, plata, cerámica o piedra arenisca. Otra de las empresas con servicio de impresión 3D, es Sculpeo, con centros en California y Francia, que cuenta con un buen sistema de envío online de ficheros en 3D y entrega del modelo impreso en diferentes materiales. Asimismo dispone de una librería de piezas con aproximadamente 30.000 objetos creados por usuarios. Y finalmente otro servicio de impresión online analizado para ese artículo es i.materialise. Creada en 1990, esta empresa tiene características similares a las dos empresas anteriores.

En el caso de utilizar servicios online, el precio de imprimir una réplica del mismo tamaño de la realizada en la impresora MakerBot descrita anteriormente (5,3 x 10 x 3,9 cm.), dependerá del material elegido para realizar dicha réplica. Existen multitud de materiales disponibles en cada una de las plataformas, pero a efectos de comparación, en la tabla 1 se pueden ver las valoraciones de distintas opciones. Cada uno de los servicios

Arte, Individuo y Sociedad
2015, 27(3), 429-446

441

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

ofrece calidades que pueden ser diferentes entre sí, por eso los precios sólo nos dan una idea aproximada del coste comparado. Existe la posibilidad de imprimir en materiales como acero inoxidable, bronce, plata, ... pero las tarifas suben considerablemente. En la tabla 1 se ha incluido el coste de la réplica en acero inoxidable y bronce para tener una idea de la magnitud de los precios.

Material	Sculpeo	i.materialise	Shapeway
Material Plástico	64,31 €	90,03 €	39,22 €
Resina	147,72 €	101,50 €	120,41 €
Cerámica	30,13 €	22,28 €	18,32 €
Acero inoxidable	---	218,22 €	321,65 €
Bronce	---	---	641,82 €

Tabla 1. Coste de la réplica en distintos materiales y servicios de impresión 3D online.

Del mismo modo se pueden utilizar tiendas de impresión locales y ahorrar los gastos de envío. En nuestro caso, en Santa Cruz de Tenerife existe, desde finales del año 2013, una tienda que presta este servicio (Manzana y 3D). Cuenta con varias impresoras entre ellas algunas de bajo coste como la Replicator y otras de gama más alta como la Objet para poder ofrecer a sus clientes variedad de calidades y precios. El importe de la creación de un modelo en la impresora MakerBot Replicator 2 se calcula según peso. En este caso el peso del modelo es de 22 gr. que multiplicado por 1.05 €/gr., su precio ascendería a unos 23,10 €.

6.3. Divulgación del proceso en entornos educativos

Para valorar las posibilidades del uso de réplicas con fines educativos, se realiza dentro del proyecto MoveFab, una acción de divulgación del proceso descrito en este artículo a varios centros escolares. Dicha presentación se realizó en la Casa de la Cultura del municipio de los Realejos (Tenerife) en junio de 2014. Además de la presentación, los participantes realizaron un taller donde utilizaban 123D Catch para realizar un proceso similar al descrito en el artículo. Participaron un total de 141 alumnos, divididos en 10 grupos de niveles educativos comprendidos entre 1º y 4º de la ESO, así como 12 profesores. Todo este colectivo tuvo la oportunidad, no sólo de ver el proceso de creación de réplicas, sino también de apreciar distintos tipos de réplicas de patrimonio (arqueológico, escultórico, natural...). Entre ellas, los participantes tuvieron en sus manos, la reproducción de la obra de Henry Moore, *El Guerrero de Goslar*, descrita en este artículo (Fig. 8).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



Figura 8. Alumna manipulando una réplica de la escultura *El Guerrero de Goslar*. (Imagen de autoría propia).

Una vez terminada la presentación y el taller, los profesores y los alumnos rellenaron una encuesta sobre el uso de réplicas en educación. Las preguntas se puntuaban de acuerdo a una escala Likert, de 1 a 5, donde 5 era totalmente de acuerdo y 1 totalmente en desacuerdo. Los resultados de la misma pueden verse en la tabla 2. Es importante señalar que esta encuesta se ha realizado para tener una primera valoración de lo que piensan alumnos y profesores sobre el uso y la creación de réplicas en educación. No se pretende con ello obtener resultados concluyentes, sino tener una idea inicial de lo que opinan los posibles usuarios del proceso descrito en este artículo. Cabe destacar que el 80% de los alumnos y profesores nunca habían visto funcionar en directo una impresora 3D.

Cuestión	Profesores	Alumnos
Las réplicas 3D de obras escultóricas son un buen complemento para la formación sobre el patrimonio	4,25	4,01
Me gustaría tener un repertorio de réplicas de patrimonio escultórico para el aprendizaje y la enseñanza en el aula	4,00	3,74
Me gustaría saber cómo generar réplicas de patrimonio escultórico	4,00	3,91
Una impresora 3D en el aula es un buen recurso para la formación	4,00	4,28

Tabla 2. Resultados de la encuesta sobre uso de réplicas en educación.

7. Conclusiones y futuros trabajos

Con esta experiencia se han explorado varios aspectos importantes sobre las réplicas de patrimonio escultórico:

- Existen programas gratuitos, que necesitan una instrucción mínima para generar modelos 3D digitales del patrimonio escultórico de una ciudad. Sólo se necesita tomar fotografías y el proceso de reconstrucción 3D tiene lugar automáticamente en la nube.
- Es posible crear una réplica de una escultura a un coste que oscila entorno a 1 euro si disponemos de una impresora propia o de un coste entre 23 y 90 euros en materiales plásticos si no disponemos de una impresora propia. Estas cuantías, dependiendo del material y el número de réplicas a realizar, nos permitirían decidir cuando un centro escolar debe comprar su propia impresora y cuando debe utilizar servicios de impresión.
- Se pueden crear réplicas en diferentes materiales utilizando los servicios de impresión online. Los precios aumentan considerablemente si se decide utilizar materiales como acero inoxidable, bronce u otros.
- Tanto los profesores como los alumnos consideran que las réplicas de esculturas pueden ayudar a su proceso de formación (4,25 y 4,00 sobre 5,00). Por otro lado, les gustaría tener un repertorio de réplicas de esculturas para utilizarlas en educación (4,00 y 3,74 sobre 5,00).
- La impresión en 3D es una tecnología muy bien valorada para su incorporación en el aula (4,00 y 4,28 sobre 5,00).

Por lo tanto, ni el coste, ni la dificultad técnica, suponen un impedimento para utilizar estas réplicas en entornos educativos y los posibles usuarios de las mismas demuestran un evidente interés en su utilización.

Se pretende como futuros trabajos, diseñar materiales y actividades docentes que permitan introducir el uso de réplicas de patrimonio escultórico en entornos educativos utilizando las tecnologías descritas en este artículo.

Referencias

- Almagro, M. J. (1988). La utilidad de sustitutos y reproducciones en los Museos. *Boletín de la Anabad*, 38 (3), 177-186.
- Arribas, A., Bermúdez, E., Blanco, S., Durán, J., Garrido, G., Gumiel, J., et al. (2004). Nuevos registros paleontológicos de grandes mamíferos en la Cuenca de Guadix-Baza (Granada): aportaciones del Proyecto Fonelas al conocimiento sobre las faunas continentales del Plioceno-Pleistoceno europeo. *Boletín Geológico y Minero*, 115 (3), 567-582.
- Boletín Oficial del Estado. (2006, 7-Julio). *BOE n° 162*. Retrieved 2014, 1-Julio from: <http://www.boe.es/boe/dias/2006/07/08/pdfs/A25561-25572.pdf>
- Boletín Oficial de Canarias. (2007, 12-Junio). *BOC - Decreto 158/2007, de 12 de Junio*. Retrieved 2014, 1-Julio from www.gobiernodecanarias.org/boc: <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2007/126/boc-2007-126-004.pdf>
- Bourke, P. (2012). Automatic 3D reconstruction: An exploration of the state of the art. *The GSTF Journal on Computing*; Oct., 2012, Vol. 2 Issue 3, p. 71, 2 (3), 71.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

- British Geological Survey. (2013). *GB3D Type Fossils*. Retrieved 2014, 1-Julio from GB3D Type Fossils: <http://www.3d-fossils.ac.uk/home.html>
- Brutto, M. L., & Meli, P. (2012). Computer vision tools for 3D modelling in archaeology. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1, 1-6.
- Department for Education of United Kingdom. (2013). *Report 3D printers in schools: uses in the curriculum. Enriching the teaching of STEM and design subjects*. Department for Education (DfE) of United Kingdom.
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP.
- Crasbom, J., & Orrego, M. (2007). La elaboración de réplicas: Un instrumento de conservación y protección al patrimonio cultural. *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala* (pp. 187-199). J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía.
- Czapka, J. T. (2002). *Application of Rapid Prototyping Technology to Improve Spatial Visualization in an Introductory Engineering Graphics Course*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Educastur. (2008, 5-October). *Restauras. Blog sobre recursos de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Retrieved 2014, 2-Julio from Reproducción de Esculturas: <http://blog.educastur.es/restauras/2008/10/05/reproduccion-de-esculturas/>
- Eurydice, E. (2009). *Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo*. Bruselas: Secretaría General Técnica.
- Gonizzi, 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.
- Hernández, A. (2007). *La clonación arquitectónica*. Madrid: Siruela.
- Johnson, W. M., Coates, C. W., Hager, P., & Stevens, N. (2009). Employing Rapid Prototyping in a First-Year Engineering Graphics Course. *2009 ASEE Southeast Section Conference*.
- Kersten, T. P., & Lindstaedt, M. (2012). Image-Based low-cost systems for automatic 3D recording and modelling of archaeological finds and objects. *Proceeding EuroMed'12 Proceedings of the 4th international conference on Progress in Cultural Heritage Preservation* (pp. 1-10). Berlin: Springer.
- La Laguna Ahora. El periódico digital de La Laguna. (2009, 2-Agosto). *TEA Tenerife Espacio de las Artes*. Retrieved 2014, 2-Julio from La Laguna Ahora. El periódico digital de La Laguna: <http://www.lalagunaahora.com/hemeroteca//content/view/9897/>
- Lerma, J. L., Cabrelles, M., & Seguí, A. E. (2011). Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares. *Revista ph-Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* (77), 127-129.
- Luzón, J. M. (2003). Sobre la copia de antigüedades romanas y el caso del Westmorland. *Actas de los XIII cursos monográficos sobre el patrimonio histórico*. (pp. 17-30). Santander: Ed. Universidad de Cantabria.
- MakerBot. (2008, Noviembre). *David Renaissance sculpture by Michelangelo; Rodin's The Thinker*. Retrieved 2014, 1-Julio from thingiverse: <http://www.thingiverse.com/thing:261508>; <http://www.thingiverse.com/thing:34343>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

- Manferdini, A., & Galassi, M. (2013). Assessments for 3d reconstructions of cultural heritage using digital technologies. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5 (W1), 167-174.
- Marcus Institute for Digital Education in the Arts. (2009). *MIDEA*. Retrieved 2014, 1-Julio, from: www.midea.nmc.org
- Martín, N., de la Torre, J., & Saorín, J. L. (2014). *Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos*. bubok ed. ISBN: 978-84-686-5345-7.
- Morris, R. (2014, 30-Marzo). *Una aldea alpina o Venecia en miniatura: ¿por qué China copia ciudades enteras?* (BBC, Producer) Retrieved 2014, 1-Julio, from BBC: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/03/140324_china_arquitectura_replica_ciudades_finde_vp.shtml
- MoveFab. (2013). *MoveFab: Programa piloto de fomento de la creatividad y el talento a través de la fabricación digital*. Retrieved 2014, 9-Julio from MoveFab: <http://www.fg.ull.es/movefab/>
- New Media Consortium. (2013). *Horizon Report Edición sobre Educación Superior 2013*. New Media Consortium. Austin: New Media Consortium.
- Pomaska, G. (2013). Monitoring the deterioration of stone at Mindener Museum's Lapidarium. *XXIV International CIPA Symposium SR3, XL-5/W2*.
- Scalfani, V., & Sahib, J. (2013). A Model for Managing 3D Printing Services in Academic Libraries. (U. o. Andrea L. Duda, Ed.) *Issues in Science and Technology Librarianship* (72).
- Schmidt, R., & Ratto, M. (2013). Design Tools for the Rest of Us: Maker Hardware Requires Maker Software. *Conference Proceedings: FAB at CHI Workshop*.
- Saorín, J. L., de la Torre, J., Zanardi, E., Martín, N., & Carbonell, C. (2013). *Transformación de diseños virtuales 3D en maquetas reales mediante el uso de impresoras 3D de bajo coste*. Universidad de La Laguna, La Laguna, Tenerife.
- Swedish ICT. (2014, 20-Febrero). *Swedish ICT Interactive*. Retrieved 2014, 8-Julio, from Groundbreaking visualization and 3D technologies reveal hidden ancient Egyptian treasures: <https://www.tii.se/media/news/visualization-and-3d-technologies-reveal-hidden-treasures>
- Torres, J., Arroyo, G., Romo, C., & De Haro, J. (2012). 3D Digitization using Structure from Motion. In I. N. (Editors) (Ed.), *CEIG- Spanish Computer Graphics Conference*.
- Tourist Information Goslar. (2014). *Goslar Ciudad Imperial*. Retrieved 2014, 1-Julio, from <http://www.goslar.de/kultur-freizeit/kunst-kaiserring>
- Troxler, P., & Wolf, P. (2010). Bending the Rules. The Fab Lab Innovation Ecology. *II International CINet Conference*. Zurich, Switzerland.
- Tsioukas, V. (2013). Free software solutions for the creation and manipulation of 3D representations of historical maps. *e-Perimtron*, 8 (3), 56-59.
- UNESCO. (2006). Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972. *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972* (pág. 245). Francia: UNESCO.
- Wayne M. Johnson, C. W. (2009). Employing Rapid Prototyping in a First-Year Engineering Graphics Course. *ASEE Southeast Section Conference*. Marietta, Georgia: Southern Polytechnic State University Marietta, Georgia.
- Weinberg, M. (2013). *What's the deal with copyright and 3D printing?*. Institute for Emerging Innovation (IEI). Institute for Emerging Innovation (IEI).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

4.

Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias.

Education in the Knowledge Society (EKS).
vol. 17, n° 3, pp 89 - 108

Latindex.
Índice de Impacto
Journal Scholar Metrics: H5=11

Diciembre 2016

Jose Luís Saorín Pérez, Jorge de la Torre-Cantero, Cecile Meier, Dámari Melián Díaz, Carolina Castillo Ruiz, Alejandro Bonnet de León

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

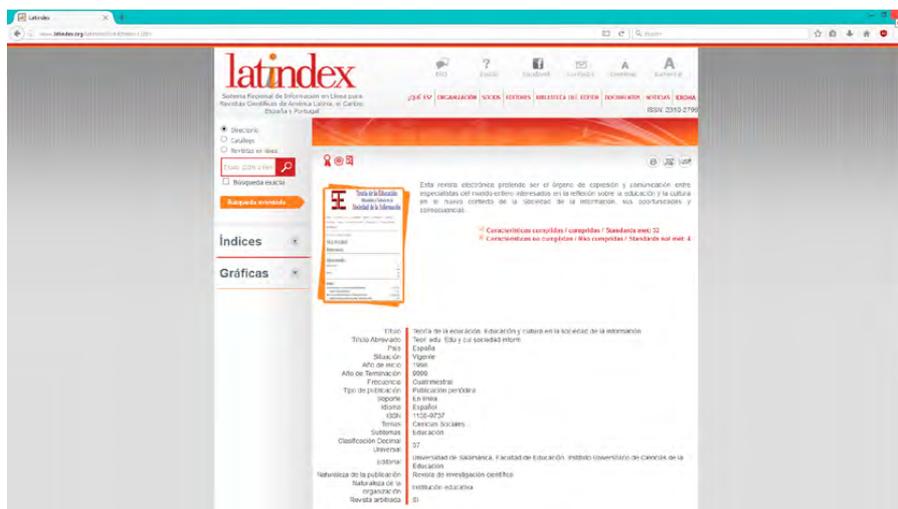
13/01/2017 15:36:49

4.

Education in the Knowledge Society (EKS)

Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias

<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Latindex (aparece con el nombre TESI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Características cumplidas : 32 • Características no cumplidas: 4
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Journal Scholar Metrics • Índice de impacto: H5: 11 (periodo 2010-2014) • Posición de publicación: 523 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Education • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 1.115



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



INDEXACIÓN



Acceso

Acceso para suscriptores, autores y editores

Usuario

Contraseña

No cerrar sesión

Idioma

Español

Contenido de la revista

Buscar

Títulos

Navegar

- Por número
- Por autor/a
- Por título
- Otras revistas

JOURNAL SCHOLAR METRICS
ARTS, HUMANITIES, AND SOCIAL SCIENCES

HOME ABOUT METHODOLOGY OUR TEAM OTHER PROJECTS FAQ

Search a journal

Education in the Knowledge Society (eks)

IMPACT INDICATORS

Period	Totals			Withouth journal self citations		
	HS-index	HS-Median	H Citations	HS-index	H Citations	%
2010-2014	11	18	243	11	234	96

SUBJECT CATEGORIES AND RANKINGS

Subject Category	Ranking	Position	Quartile
Education	Only core journals	458th (of 1077)	Q2
	All journals	523rd (of 1115)	Q2

INDEXED IN
This journal has only been found on Google Scholar Metrics

Journal Scholar Metrics is a product developed by EC3 Research Group: Estudios de la Ciencia y la Comunicación Científica, Universidad de Granada, Campus de Cartuja s/n, Granada (Spain).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Creación, visualización e impresión 3D de colecciones *online* de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste. Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias

Creation, Visualization and 3D Printing of Online Collections of Three Dimensional Educative Models with Low-Cost Technologies. Practical Case of Canarian Marine Fossil Heritage

Jose Luis Saorín ¹, Jorge de la Torre-Cantero ¹, Cecile Meier ², Damari Melián Díaz ³, Carolina Ruiz Castillo ⁴, Alejandro Bonnet de León ³

¹ Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Universidad de La Laguna, España. {jlsaorin, jcantero}@ull.edu.es

² Facultad de Educación, Universidad de La Laguna, España. cecile.eme@hotmail.com

³ Facultad de Educación, Universidad de La Laguna, España. {damarimd, alu0100394672}@gmail.com

⁴ Dpto. de Biología Animal, Edafología y Geología, Universidad de La Laguna, España. ccruiz@ull.edu.es

Resumen

El uso de objetos tangibles (maquetas, réplicas de obras artísticas, fósiles...) en entornos educativos se suele utilizar para mejorar el proceso de aprendizaje. Cuando el conocimiento se difunde a través de entornos virtuales, a veces, se pierde el valor de estos objetos tangibles. Las nuevas tecnologías de bajo coste permiten solventar este problema, permitiendo a los profesores incluir en sus aulas virtuales el acceso y manipulación de objetos tridimensionales. En este artículo se describe el proceso de creación y divulgación de un contenido educativo tridimensional e interactivo para aprendizaje en un entorno virtual. Como caso práctico se ha trabajado sobre el patrimonio fósil marino canario. Los fósiles se usan como material tangible en la enseñanza de paleontología, sin embargo, no están disponibles para el trabajo fuera del aula. En el trabajo descrito en este artículo, se han digitalizado en 3D una selección de 18 fósiles. Los archivos obtenidos están a disposición de los alumnos en un entorno *online*, permitiendo su descarga, visualización e interacción en dispositivos móviles multitáctiles. Además, si el alumno lo prefiere, puede imprimirlos en 3D. Para finalizar, se ha realizado una experiencia con 70 alumnos universitarios que, después de acceder al repositorio *online* creado, han contestado a un cuestionario para valorar los materiales diseñados.

Palabras Clave

Educación; Modelos Tridimensionales Digitales; Entornos Virtuales; Impresión 3D; Patrimonio Fósil.

Recepción: 03-04-2016

Revisión: 10-08-2016

Aceptación: 06-09-2016

Publicación: 30/09/2016

Abstract

In many educational settings, the use of tangible objects is used to enhance learning (models, replicas of art works, fossils...). When knowledge is disseminated through virtual environments, sometimes, the value of these tangible objects is lost. The new low-cost technologies allow solving this problem, enabling teachers to include in their virtual classroom the access and manipulation of three-dimensional objects. This article describes the process of creation and dissemination of a three-dimensional, interactive educational content for learning in a virtual environment. As a practical study, we have worked on the Canary marine fossil heritage. The fossils are used as tangible material in paleontology teaching, however they are not available for work outside the classroom. For this work, it has been digitized in 3D a selection of 18 fossils. 3D files obtained are available to students in an online environment, allowing download, multi-touch display and interaction on mobile devices. In addition, if the student prefers, they can print them using a 3D printer. Finally, there has been an experience with 70 university students who, after accessing to the online files, responded to a questionnaire to assess the made materials.

Keywords

Education; Three-dimensional Digital Models; Virtual Environment; 3D Printing; Fossil Heritage.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

1. Introducción

1.1. Recursos tridimensionales tangibles

Existen muchos entornos educativos que utilizan elementos tridimensionales para el aprendizaje de los contenidos. Los objetos tangibles se usan de manera habitual en ingeniería y arquitectura (maquetas), en geografía (mapas con relieve), para el dibujo técnico y las vistas normalizadas (piezas técnicas), en estudios artísticos (réplicas de obras escultóricas), para conocer órganos naturales en clases de anatomía, etc.

En diversos estudios se ha demostrado que se aprende un contenido más rápido mediante la manipulación de objetos tangibles (Andrade Lotero, et al., 2012). En pedagogía se tiene muy en cuenta el aprendizaje a través de objetos reales o tangibles, aunque en la mayoría de los casos los estudios están centrados en edades tempranas (Piaget, 1991; Uttal, 2003). Se consideran los manipulativos físicos esenciales para el aprendizaje entre los 6 y 8 años de edad, ya que, permitiendo la manipulación del material de aprendizaje, se facilita la formación de un concepto abstracto (Andrade Lotero, et al., 2011).

Por lo tanto, si los objetos tangibles son importantes en educación, los entornos virtuales de aprendizaje no pueden ser ajenos a este fenómeno y deberán ofrecer una solución digital que sea accesible, tanto en coste como en dificultad, a la mayoría de los profesionales de la educación (de la Torre Cantero, Martín-Dorta, Saorín, Carbonell, & Contero, 2013).

1.2. Recurso digitales 3D en educación

Las nuevas tecnologías permiten convertir los modelos físicos o reales en modelos 3D digitales. El aprendizaje con elementos 3D digitales se puede entender desde diversos enfoques. Por un lado, el uso de películas 3D, donde los videos muestran los elementos de estudio en tres dimensiones, bien a través de una pantalla normal o mediante gafas o cascos de visión 3D, donde se procura mejorar el entendimiento de los contenidos. Se ha demostrado que utilizar video 3D reduce el tiempo y mejora el aprendizaje de los conceptos (Bamford, 2011). Esta técnica, carece de una interacción o manipulación de los elementos de forma directa por parte del alumno.

Por otro lado, están los llamados entornos virtuales de aprendizaje tridimensionales (EVA 3D), donde se utiliza la tecnología para crear un entorno virtual 3D interactivo que facilita el aprendizaje. Pueden ser

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

juegos en 3D, simulaciones o mundos virtuales con fines educativos (Dalgarno & Lee, 2010). Second Life es actualmente el EVA 3D más maduro y popular que se utiliza en la educación (Warburton, 2009). En estos medios, la manipulación de objetos tridimensionales se hace a través de un avatar en un mundo virtual.

Por último, y en lo que se centra este artículo, es la digitalización tridimensional de elementos tangibles para su manipulación en visualizadores 3D a través dispositivos multitáctiles (tabletas digitales y *smartphones*). Los visualizadores 3D, en estos equipos, permiten interactuar de forma intuitiva con los modelos tridimensionales, aproximándose a la manera de manejar el objeto real (Yi-Chen, Hung-Lin, & Wei-Han, 2011; de la Torre Cantero, Saorín, Martín, & Contero, 2012). Este sistema da acceso a un aprendizaje ubicuo en dispositivos móviles que proporciona al alumno la posibilidad de realizar actividades educativas en cualquier lugar (Zapata-Ros, 2012). La digitalización tridimensional permite la descarga y visualización de los elementos 3D por parte de los usuarios en cualquier tableta digital o *smartphone* de forma inmediata, aunque también se pueden visualizar en un ordenador. Sin embargo, en un ordenador normalmente no se maneja el archivo directamente con los dedos, sino a través de un dispositivo exterior como puede ser un ratón. Además, estos modelos pueden ser impresos en 3D, creando réplicas físicas (Saorín Pérez, Meier, De la Torre-Cantero, Melián Díaz, & Drago-Díaz Alemán, 2015).

Esta manera de trabajar puede ser reproducida por cualquier profesor con un mínimo de conocimientos informáticos, utilizando tecnologías accesibles y de bajo coste. Para ilustrar el proceso de creación de estos recursos 3D digitales, en este artículo se va a utilizar como caso práctico, el patrimonio fósil de Canarias. El estudio de la paleontología es un caso muy interesante, ya que los fósiles son escasos y a veces delicados, por lo que su manipulación suele quedar restringida al aula de prácticas. Los formatos que tradicionalmente se usan en la enseñanza y divulgación de la Paleontología son los libros con ilustraciones (Eldredge & Gould, 1991), las fichas de reconocimiento bioestratigráfico de fósiles como las de Meléndez (1983), las guías de fósiles (Gómez-Alba, 1988), exposiciones, rutas de museos y colecciones paleontológicas (Buscalioni, 2007). Sin embargo, a partir del año 2000, las técnicas de escaneado, digitalización y realización de modelos y réplicas en 3D procedentes de otras disciplinas (medicina, Arquitectura, arte, etc.), se han ido incorporando de forma significativa al mundo de la Paleontología, primero a su ámbito científico, y en menor medida al educativo y divulgativo (Rahman, et al., 2012). En especial, los modelos digitales de fósiles adquieren mucha relevancia porque son muy eficaces para comunicar visualmente conceptos complejos o técnicos convirtiéndose en un recurso educativo transversal (Bates, et al. 2009; Reynolds, 2010). El resultado de aplicar técnicas no destructivas (tomografía computerizada, escaneado láser o sincrotrón, etc.) al estudio del registro fósil ha generado una gran cantidad de fósiles virtuales en tres dimensiones dando lugar, en el año 2011, a la propuesta de la rama científica denominada Paleontología Virtual, y es responsable de que los animales y plantas extintos “cobren vida” (Lukender 2012).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 <i>La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion</i>	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Por lo tanto, si bien es cierto que existe la posibilidad de disponer de fósiles digitales para educación, la mayoría de las técnicas empleadas hasta ahora (tomografía computerizada, etc.) siguen implicando un proceso caro y difícil, por lo que queda restringida su utilización a grandes entidades (museos, universidades...) que ponen a disposición del mundo una selección de su material paleontológico. Debido a esto, en la mayoría de los casos, en las aulas virtuales de colegios o universidades no existan réplicas tridimensionales de fósiles de carácter local.

Para la realización de este estudio, se ha seleccionado un conjunto de fósiles representativos de los depósitos marinos de Canarias, vistos en las prácticas docentes de los alumnos de Grado de Biología de la Universidad de la Laguna. Estos fósiles se han escaneado, creando los modelos 3D, incorporándolos a un entorno *online*, permitiendo su posterior descarga, para visualizar los modelos 3D en tabletas digitales, *smatphones* o también ordenadores y su impresión tridimensional (Figura 1). Todo este proceso se ha realizado con tecnologías de bajo coste, de libre acceso y de fácil uso. Una vez creados los materiales digitales, se han mostrado a los alumnos y se ha encuestado sobre el interés y utilidad de los mismos.

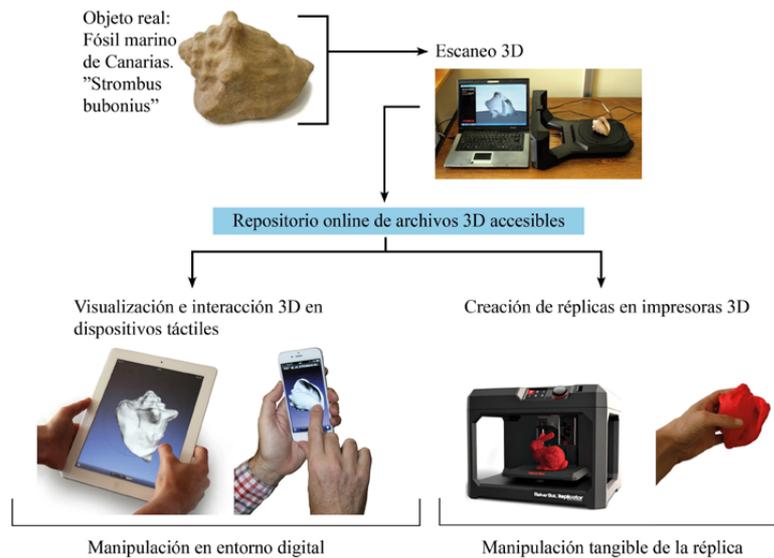


Figura 1. Esquema de creación y divulgación de los modelos tridimensionales de fósiles digitales realizados en este trabajo de la enseñanza y divulgación de la Paleontología.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

2. Antecedentes del uso de modelos 3D y réplicas en Paleontología

El uso de fósiles originales en Paleontología no siempre es posible. Los fósiles pueden ser escasos, no accesibles o delicados, por ello es habitual utilizar una réplica física de los mismos que facilita de manera considerable el trabajo a los investigadores o museos (Arribas, 2004). Una réplica es una reproducción del original de un objeto, con la máxima exactitud posible, pudiendo ser de distinto material y diferente escala (Gorbea, 1988).

El arte de moldear y replicar especímenes fósiles forma parte de la metodología de investigación paleontológica (Converse, 1984; Baeza, et al., 2013; Roubach, et al., 2014). Las réplicas en tres dimensiones en Paleontología se conocen desde el siglo XVIII, y el uso del modelado en 3D con ayuda de los ordenadores se aplica de forma continuada desde la década de 1980, y se ha hecho cada vez más patente a partir de la última década del siglo XX, especialmente aplicado a los vertebrados e invertebrados, aunque son raros en otros tipos de fósiles, incluidos los invertebrados (Dardon, et al., 2010). Los modelos y reproducciones 3D, aparte de incluir los datos paleobiológicos para reconstruir las partes internas de los especímenes de animales extintos como los dinosaurios (Cruzado-Caballero, et al., 2015), son parte esencial en las exposiciones paleontológicas virtuales y de las colecciones de referencia, ya que permiten el almacenaje de una enorme cantidad de colecciones sin consumir mucho espacio físico, y evitan la manipulación directa y excesiva de las muestras en el laboratorio. También se usan para hacer reproducciones con fines museísticos (Falkingham, 2012), para estudiar sitios naturales de difícil acceso (Cayla, 2014), para la digitalización de yacimientos, como el caso de las icnitas de dinosaurios de Galve (Royo Torres, Mampel, & Alcalá, 2013), y en la gestión del patrimonio paleontológico como parte del geoturismo (Mallison, 2011; Gonzalez-Delgado, y otros, 2015). En el ámbito de la divulgación de la ciencia o en el educativo también son muy útiles los modelos 3D, permitiendo producir materiales didácticos que mejoran el aprendizaje en general (Bates, et al., 2009), y para los alumnos con deficiencias visuales, en particular, pues les permite tener acceso a fósiles que solo se pueden ver con lupa o en el microscopio (Teshima, 2010), ya que los modelos 3D se pueden ampliar y replicar a diferentes escalas.

3. Tecnologías de bajo coste para la creación de modelos 3D y réplicas del registro fósil

Tradicionalmente, para la creación de réplicas de fósiles, se confecciona un molde que reproduce los detalles de dicha pieza lo más fielmente posible. Sin embargo, un molde tiene una durabilidad limitada

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

y necesita de un proceso manual de limpieza de la figura. El descubrimiento de nuevos materiales como la silicona "rubber" para moldear revolucionó las técnicas de moldeo en Paleontología (Prieur, 2004) ofreciendo una alta fidelidad de las reproducciones al capturar detalles delicados (Figura 2). Las técnicas tradicionales de obtener réplicas representan una manera de trabajar costosa y lenta, además, en muchos casos no es posible el uso de moldes por la fragilidad del objeto que se ha de reproducir. Adicionalmente, estos moldes, al no ser digitales, no pueden ser implementados en entornos virtuales de aprendizaje.



Figura 2. Molde de silicona para la realización de una réplica con métodos tradicionales de un ejemplar del género Strombus usado en prácticas del área de Paleontología.

Debido a estas dificultades, desde hace años se intenta mejorar este procedimiento mediante la incorporación de tecnologías digitales que sean útiles para crear modelos 3D computacionales (Dardon, et al., 2010; Sutton, et al., 2013), más eficientes en términos de tiempo y coste y fáciles de modificar y actualizar (Bates, et al., 2009). En una primera fase las tecnologías aplicadas para conseguir modelos 3D de fósiles procedían del mundo de la topografía y estaban basadas en aplicaciones orientadas a la creación de modelos digitales del terreno (MDT). Existen diferentes técnicas topográficas para generar los puntos de la malla 3D del territorio; puede hacerse mediante aparatos tradicionales de topografía, mediante fotografías (fotogrametría) o mediante escáner láser (Gonizzi Barsanti, Remondino, & Visintini, 2012). El uso de estas nuevas tecnologías aplicadas al registro fósil, simplificó mucho el proceso de creación de réplicas, aunque el coste siempre ha sido muy alto. Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que se necesitaba una formación adecuada para poder llevar a cabo las copias con estos métodos, y además se requería de tecnologías poco accesibles (Lerma, Cabrelles, & Seguí, 2011).

Sin embargo, la aparición de tecnologías de bajo coste permite pensar en la generación de modelos

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

3D digitales de fósiles en los propios centros educativos (Leakey & Dzambazova, 2013). Hoy en día existen programas de restitución fotográfica que aprovechan el procesado en la nube y que son gratuitos (123D Catch, Autodesk Recap...), por otro lado han aparecido escáneres 3D que permiten capturar la superficie tridimensional del fósil con un precio cada vez menor (Winkelbach, et al., 2006). En el año 2012 Martin Friess (Friess, 2012) detalla los diferentes rangos de precios de escáneres tridimensionales aplicados a la Paleontología, y considera en la categoría de bajo coste aquellos que tienen un precio menor de 5000 dólares; entre los que nombra, aparecen el escáner láser modelo David 3D y el modelo Nextengine ampliamente utilizados (Lukeneder & Lukeneder, 2011). Ambos modelos se mueven en el entorno de los 2500 euros, un precio bajo que en los últimos años se ha reducido considerablemente.

La aparición de periféricos de videojuegos que tienen posibilidad de detectar el espacio en 3D ha permitido crear escáneres tridimensionales de muy bajo coste, aunque de resoluciones no tan buenas como los profesionales. Un ejemplo claro es la Kinect de Microsoft con el programa Skanect, que permite crear un escáner 3D por menos de 500 euros. Otro ejemplo es el escáner Structure Sensor, que, junto con un iPad, permite disponer de uno de estos dispositivos por menos de 1000 euros. Una tercera alternativa son escáneres láser de plato giratorio (Figura 3) que se ajusta muy bien a los fósiles de tamaño medio (20 - 200 mm), y que escanea la superficie del objeto con resoluciones intermedias. Estos equipos pueden encontrarse en la gama de los 250 a los 1000 euros. La aparición de estos nuevos modelos de muy bajo coste permite pensar en la creación de modelos tridimensionales de fósiles en pequeños museos o en entornos educativos, donde la escasez de presupuesto es una gran limitación.

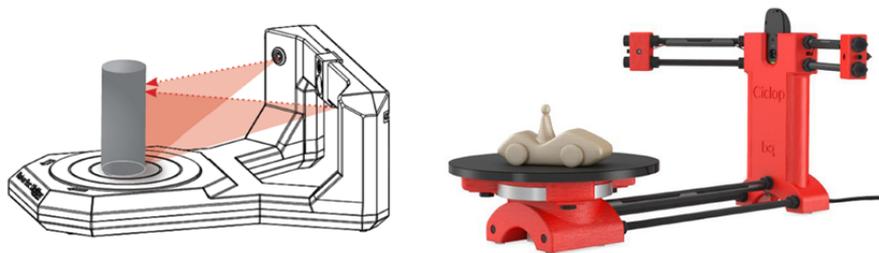


Figura 3. Izqda.: Esquema de funcionamiento del escáner láser MakerBot de plato giratorio de bajo coste. Dcha.: escáner 3D de bajo coste BQ.

Una vez obtenido un modelo tridimensional digital, generalmente hay que editarlo antes de proceder a su impresión. Existen muchos programas de edición digital (3DStudio, ZBrush, AutoCad, MudBox, Maya, etc.) que permiten modificar dichos modelos. En algunos proyectos de documentación de patrimonio (Pomaska, 2013) se están utilizando estas tecnologías. Es importante indicar que, aunque algunos de estos programas son de carácter profesional y por tanto de pago, existen otros que se ofrecen de manera gratuita, como por ejemplo Autodesk Meshmixer.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Una vez terminado el proceso de digitalización 3D del objeto, se puede realizar la reproducción física de la réplica. Una de las tecnologías que posibilitan la fabricación de las réplicas es la impresión 3D, sin embargo, uno de los grandes factores que ha limitado el uso de esta tecnología en las aulas ha sido su precio. Hasta el año 2005, una máquina de impresión 3D tenía un precio superior a 20.000 dólares, por lo que solo los grandes centros se la podían permitir (Coates, Hager, Johnson, & Stevens, 2009, April).

En el año 2001, en el Media Lab del MIT se crea el proyecto FabLab en colaboración con el Centre for Bits and Atoms (CBA) con el objeto de difundir las tecnologías de fabricación digital. Desde entonces el movimiento fablab se ha globalizado, ayudando a popularizar las tecnologías de fabricación 3D de bajo coste (Troxler & Wolf, 2010). 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. A partir de ese momento, las impresoras de bajo coste se han popularizado y ha surgido una industria alrededor de ellas. La aparición de esta nueva gama de impresoras permite a los centros educativos disponer de ellas y utilizarlas en su docencia. Por lo tanto, una vez superada la barrera del precio, es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que nos permitan sacar partido de esta tecnología en los entornos educativos (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013).

3.1. Colecciones online de objetos 3D

Otra manera de divulgar contenido 3D o información educativa es crear un repositorio en un entorno virtual. La idea de disponer de acceso *online* a elementos multimedia como pueden ser fotos, videos u objetos 3D, ha ido evolucionando a lo largo de los últimos años. Los repositorios de ficheros siempre han existido, pero han pertenecido a instituciones y no han sido de acceso sencillo para el público en general. La existencia de entornos web gratuitos, que permiten visualizar, descargar y compartir fotos o videos entre diferentes usuarios aparecen alrededor del año 2000 (como por ejemplo *Flickr*). Actualmente existen múltiples servicios de repositorios web de fotos como por ejemplo Picasa, Pinterest, Instagram, OpenPhoto... En el año 2005 se crea el servicio web YouTube, uno de los primeros repositorios de videos dirigido al usuario particular. Actualmente es una de las páginas más visitadas de internet y la más utilizada en la categoría de videos. Tanto los servicios de imágenes como los de video han incorporado en los últimos años la posibilidad de visualizar sus contenidos desde dispositivos móviles.

A pesar del desarrollo que han tenido los repositorios web gratuitos, la incorporación de objetos 3D no ha tenido el mismo desarrollo que las fotos o los videos. Sin embargo, desde el año 2006 se está produciendo una lenta transformación que en los últimos años se está consolidando. Los repositorios

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

3D se han popularizado conforme la tecnología que permite crear modelos 3D se ha simplificado y abaratado. En el año 2006, la aplicación SketchUp permitió, mediante su versión gratuita, que cualquier persona, tuviera o no conocimientos técnicos, fuera capaz de crear modelos 3D. Hoy en día, SketchUp es una aplicación utilizada en todo el mundo por más de 50 millones de usuarios. Para favorecer el intercambio de modelos 3D entre distintas personas SketchUp creó en el año 2006 uno de los primeros repositorios de modelos tridimensionales gratuitos de gran alcance. Su repositorio, denominado "3D Warehouse", almacena cientos de miles de objetos en 3D (<https://3dwarehouse.sketchup.com>) y su único problema es que el formato en el que guarda los archivos no es un formato neutro, sino que se almacenan en formato SKP, el propio de la aplicación SketchUp. Aunque no son los modelos habituales, en su interior podemos encontrar modelos 3D de fósiles.

A finales de 2008, la empresa Makerbot, fabricante de impresoras 3D, creó una galería 3D de descarga y subida de archivos gratuita (www.thingiverse.com) con la idea de popularizar el uso de las impresoras 3D. Los formatos de intercambio son el STL y el OBJ, dos formatos que se han convertido en el estándar para el mundo de la fabricación digital en 3D. En este repositorio se encuentra, entre otras muchas cosas, un apartado especial con contenido educativo y también réplicas digitales de fósiles con la posibilidad de imprimirlas, realizando una reproducción física con cualquier impresora 3D.

En Francia en el año 2012, Cedric Pinson y Alban Denoye crearon la página web Sketchfab.com, que se denomina a sí misma como "el lugar donde deben estar los ficheros 3D" (Figura 4). Esta página, no solo almacena los ficheros 3D para poder compartirlos, sino que permite su visualización dinámica en 360°. Dicha página está diseñada para ser visualizada tanto en ordenadores como en dispositivos móviles. Además, permite que cualquier persona coloque *online* sus ficheros de modelos 3D con el objetivo de enseñarlos y compartirlos bajo licencia creative commons. En ella podemos encontrar múltiples fósiles en 3D con posibilidad de visualización y descarga gratuita.

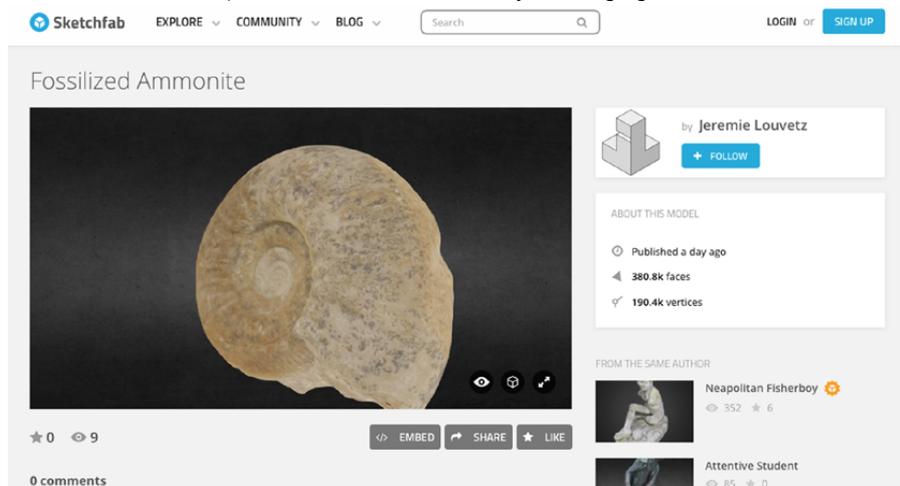


Figura 4. Modelo 3D de un ammonite, descargable en SketchFab. (Imagen de la web: <http://www.SketchFab.com/>).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Aparte de los repositorios oficiales o privados de gran alcance, existe una posibilidad para poner a disposición de todos los usuarios una colección de objetos 3D de una manera fácil y gratuita. Desde la aparición de aplicaciones como Dropbox, Drive o Box, cualquier persona puede disponer de un entorno virtual que le permita compartir sus ficheros con el resto del mundo de una manera sencilla y económica. Aunque no es un repositorio propiamente dicho, es una opción que merece la pena tener en cuenta, puesto que permite controlar el contenido en carpetas que se añade de una manera muy intuitiva (se pueden añadir directamente en el explorador del ordenador) y además se pueden agrupar objetos multimedia de diferentes formatos, no solo el objeto 3D, sino también información complementaria como puede ser libros, ejercicios u otros ficheros digitales asociados al objeto, de tal manera que se agrupe toda la información significativa sobre un objeto o una colección de los mismos.

En el ámbito de la Paleontología existen muchos repositorios *online* en un entorno web gratuito con el objetivo de promover el acceso a las colecciones y albergar los múltiples materiales de fósiles 3D que se generan en la investigación; así por ejemplo nace "MorphoSource" (<http://www.morphosource.org/>) de la Universidad de Duke (USA); otras bases de datos, también están dirigidas a alumnos y profesores universitarios y no universitarios, y al público en general, además de los investigadores. Es el caso de la denominada "GB/3D Type Fossils Online database" (<http://www.3d-fossils.ac.uk/>), donde el material está disponible bajo una licencia no comercial Creative Commons; "UMORF 3D Interface" un repositorio de fósiles en 3D de la Universidad de Michigan cuyo objetivo era ofrecer un sistema que fuera útil para los investigadores, pero que también fuera adecuado para los alumnos de 12 años y para cualquier persona con interés en los fósiles; para ello crearon el visor "UMORF", una aplicación JavaScript que permite visualizar los modelos 3D en un navegador estándar que soporte WebGL, como las versiones recientes de Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Internet Explorer e incluso en dispositivos móviles Android. También existen bases de datos con vocación para la educación, como la creada por Benton (2014) para geociencia.

4. Materiales y métodos

La metodología seguida para la creación de modelos y réplicas de fósiles en 3D con tecnologías de bajo coste para la enseñanza y divulgación en Paleontología se expone a continuación.

4.1. Selección de los fósiles

Para este estudio hemos seleccionado un total de 18 fósiles marinos característicos de Canarias de

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

la colección de prácticas del Área de Paleontología del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de la Sección de Biología de la Universidad de la Laguna.

4.2. Tecnologías empleadas

Las técnicas usadas en este trabajo han sido elegidas por su bajo coste y su facilidad de uso, pero que permiten realizar productos de calidad para su uso en la enseñanza y divulgación de la ciencia paleontológica. Para la digitalización de los fósiles se ha aplicado el escáner láser Makerbot Digitizer (Figura 5A) porque parece más adecuado al tamaño y forma de los fósiles marinos seleccionados, en comparación con otros métodos de bajo coste basados en restitución fotográfica. Este escáner permite obtener archivos tridimensionales digitales de objetos de un diámetro máximo de 20 cm y de una altura máxima de 20,3 cm y mínimo de 2 cm. Dispone de un plato giratorio que permite obtener un fichero 3D digital en aproximadamente 10 minutos y con precisiones de 0,5 cm. El uso de este dispositivo está pensado para personas sin experiencia, por lo que el proceso es prácticamente automático y genera directamente los ficheros STL que podrán ser utilizados en otras aplicaciones.

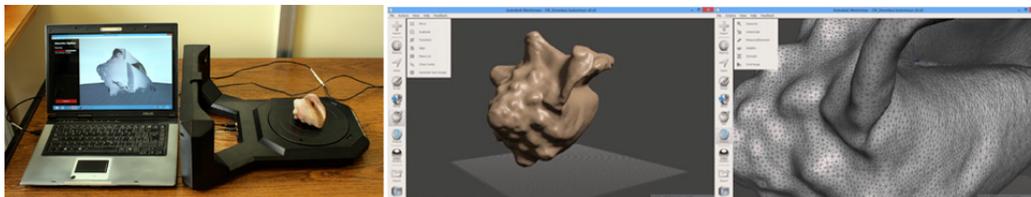


Figura 5. Proceso de creación del modelo 3d del fósil zonador del Cuaternario *Strombus bubonius* con tecnología de bajo coste. A. Escáner Makerbot Digitizer. B. Edición en el programa gratuito Meshmixer del modelo 3D escaneado. C. Detalle de la maya 3D.

Una vez finalizado el escaneado de los fósiles, los ficheros digitales se han tratado con el editor de mallas tridimensionales Meshmixer (Figura 5B y C). Esta aplicación es una herramienta para mezclar, esculpir, pintar, limpiar y reparar grandes mallas 3D, se ha usado para corregir pequeños errores, así como eliminar los accesorios utilizados para situar el fósil (palillos, plastilina, etc.) en el plato de escaneo. El objetivo de este programa gratuito es facilitar el proceso de edición de un modelo 3D a personas no profesionales del modelado 3D, es un medio simplificado para editar modelos tridimensionales (Schmidt & Ratto, 2013).

Estos modelos se han incorporado a un repositorio *online* consistente en la creación de una base de datos en la nube con Google Drive, metodología que tiene la ventaja de que no depende de páginas web, y simplifica el proceso de creación del repositorio. También permite asociar a los modelos 3D otros materiales educativos complementarios como pueden ser ejercicios, libros multimedia, etc. La ventaja que tiene este sistema de reposición con respecto a otros es su gran accesibilidad, facilidad de divulgación y bajo coste. Una vez que accedemos a la información *online*, para visualizar el modelo 3D obtenido de cada pieza fósil, podemos utilizar alguno de los visualizadores gratuitos disponibles

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

para tabletas digitales y también *smatphones* u ordenadores. Dichos visualizadores nos permiten manipular el objeto para verlo desde todos sus ángulos, así como realizar zoom del mismo para centrarnos en algún detalle concreto. En la figura 6 se puede ver un ejemplo utilizando la aplicación MeshLab o Graphite.



Figura 6: Manipulación de los modelos 3D digitales creados en este trabajo en tableta digital y Smartphone utilizando el visualizador 3D gratuito Meshlab.

Además de visualizar y manipular en la pantalla los modelos 3D, una vez que disponemos de los ficheros STL de los fósiles, podemos realizar una réplica física de los mismos en una impresora 3D. Para ello se ha generado el fichero G-code (.x3g) con el programa gratuito MakerWare, que incorpora todas las opciones necesarias para visualizar, rotar, escalar y mover los diseños que pueden ser utilizados en las impresoras de la empresa MakerBot, entre ellas la Replicator 2 utilizadas en este trabajo. MakerBot Replicator 2 tiene un coste aproximado de 1.500 euros e imprime modelos con medidas de hasta 240 x 140 x 150 mm. La impresora trabaja con PLA (ácido poliláctico), un termoplástico biodegradable, ligero y fácil de utilizar para impresión 3D. Se dispone de diferentes colores de PLA, así como de filamentos que incorporan diferentes materiales como puede ser madera. Dichos filamentos permiten un acabado diferente sin tanto aspecto plástico, que se ajusta muy bien a las réplicas de los fósiles marinos de este trabajo.

5. Recursos educativos digitales realizados

5.1. Colección *online* de los modelos 3D

La colección de modelos 3D de los fósiles trabajados en este artículo está disponible en un entorno virtual en la siguiente dirección web: <https://goo.gl/ulC5zj>. Se trata de una carpeta *online* (Google

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 <i>La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion</i>		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Drive) creada a partir de una dirección Gmail (Figura 7). Permite a cualquier persona que disponga del enlace descargar la selección de fósiles y visualizarlo en dispositivos táctiles u ordenadores e imprimir unas réplicas en 3D.

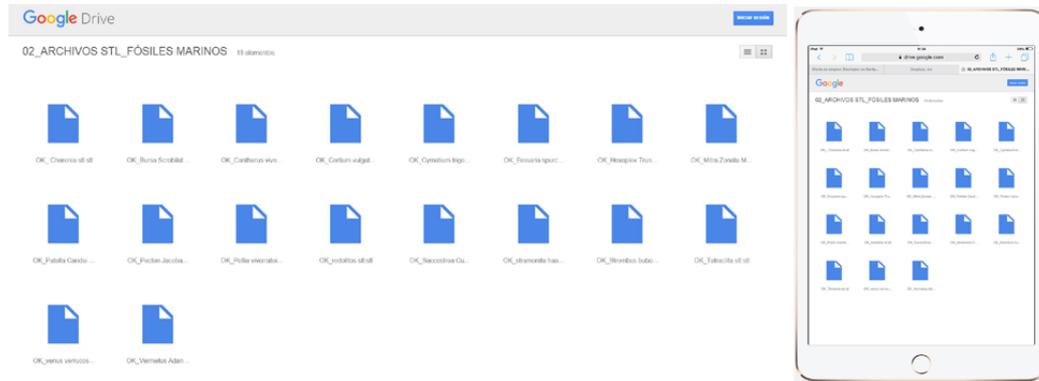


Figura 7. Repositorio online: <https://goo.gl/ulC5zj>

5.2. Creación de réplicas en una impresora 3D

Las réplicas del patrimonio fósil marino fueron creadas con un filamento de impresión, PLA Wood fill, contiene polvo de madera y da un aspecto muy parecido al color de los fósiles. A través del escaneo y la impresión 3D se pierden algunos detalles de las reproducciones, pero esta información se completa mediante las fotografías. Para la presentación y divulgación se ha creado una réplica de cada fósil y se han situado en una caja, normalmente usadas en la enseñanza, junto con fotografías y el nombre completo (Figura 8). Todos los fósiles sirven para su manipulación y comprensión, con la ventaja de que su composición es plástica, por lo que no se rompen si se caen al suelo y son fácilmente reemplazables. En la misma caja se incluye un código QR que lleva a la carpeta *online* con los archivos de los fósiles, esto permite acceder de manera directa a los ficheros a través de un dispositivo móvil.

Con objeto de que este trabajo pueda ser útil a centros de enseñanza y particulares que quieran conseguir colecciones tangibles de fósiles, se ha estimado el coste de realización de la réplica de una concha del fósil *Strombus bubonius* en la impresora *MakerBot Replicator 2*. Si no se dispone de una impresora 3D existe la alternativa de utilizar servicios de impresión externos *online* o locales. El precio de la reproducción de los modelos 3D en estos servicios varía según el número y tamaño de los fósiles y los materiales de impresión utilizados.

El modelo 3D del fósil *Strombus bubonius*, que tiene unas dimensiones de 94 mm x 74 mm x 72 mm, tarda alrededor de tres horas en la impresora *MakerBot Replicator 2* para crear una réplica de tamaño real. El coste del material empleado (39,47 gramos de PLA) en la impresora propia sería alrededor

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

de 1,8 euros. Normalmente el precio de las réplicas cuando se utiliza una impresora 3D depende principalmente del material y del volumen. Por ello es importante tener en cuenta que el resultado económico final variará mucho dependiendo de los tamaños de las réplicas que queramos hacer, independiente del tamaño del fósil original.

Para crear las 18 réplicas de la caja que se muestra en este artículo (figura 8) se necesitan aproximadamente 20 horas de impresión. En total se gastan unos 340 gramos de filamento, que cuesta unos 6,80 euros de PLA normal y 22,60 euros en filamento Wood fill.

Si no se dispone de una impresora propia también se puede usar un servicio de impresión *online* o externos, como por ejemplo Shapeways, Sculpteo o i.materialise. Existen multitud de materiales disponibles en cada una de las plataformas. El precio de impresión varía mucho dependiendo del material, la cantidad, el tamaño y los costes de envío. El precio de impresión en estos servicios varía entre 4 y 50 Euros por cada fósil del tamaño señalado (Saorín Pérez, Meier, De la Torre-Cantero, Melián Díaz, & Drago-Díaz Alemán, 2015).



Figura 8. Caja de estudio con las réplicas de los fósiles hechas en la impresora 3D.

5.3. Opinión de los alumnos sobre los materiales tridimensionales creados

El conjunto de preguntas de nuestro trabajo persigue captar la opinión que tienen los 70 alumnos universitarios de primer curso sobre el repositorio *online* con los modelos 3D creados, su uso potencial, y si lo ven como un complemento para su aprendizaje y formación. Los valores medios de las declaraciones planteadas (Tabla 2) superan el 4 en todos los ítems, con un rango entre 4,20

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

(puntuación mínima) y 4,51 (puntuación máxima). El promedio de alumnos encuestados que disponen de un *smartphone* con conexión a Internet es del 90%, mientras que el 45,71% tienen tableta digital. Un 59% se los alumnos pudieron acceder, sin ayuda, al repositorio *online* con su dispositivo electrónico (teléfono o tableta).

Cuestión	Media(Desv. Típica)
El aprendizaje con medios digitales interactivos es un buen complemento junto a los materiales tradicionales.	4,51 (0,75)
Los modelos 3D de patrimonio fósil, visualizados en un dispositivo móvil son un buen complemento para la formación	4,20 (0,73)
Disponer de modelos 3D interactivos en mi <i>Smartphone</i> o tableta me permite mejorar / profundizar mi aprendizaje en casa.	4,29 (0,78)
Me parece útil poder disponer de un repositorio <i>online</i> de los fósiles descargables.	4,21 (0,75)
	Total: N=70

Tabla 2. Opinión de los alumnos sobre el material creado.

6. Conclusiones

Es posible crear objetos tridimensionales digitales a partir de objetos reales, utilizando tecnologías accesibles, gratuitas o de bajo coste. Con estas tecnologías, cualquier profesor con un mínimo de formación puede digitalizar su material docente tridimensional.

Por otro lado, una vez creados los modelos 3D digitales, se pueden poner a disposición de los usuarios mediante repositorios *online*, sin necesidad de conocimientos expertos, tanto utilizando discos duros virtuales personales, como utilizando plataformas webs gratuitas. De esta manera, los profesores pueden incluir en sus entornos virtuales de aprendizaje enlaces a colecciones de objetos tridimensionales digitales.

Dicho material digital es, por lo tanto, accesible desde dispositivos móviles multitáctiles posibilitando su visualización, manipulación de una manera ubicua y gratuita. Por otro lado, se pueden conseguir réplicas físicas de los objetos 3D mediante impresión 3D de bajo coste. De esta manera se soluciona la problemática de acceso de ciertos objetos tangibles.

De los cuestionarios realizados a lo largo de este trabajo se concluye que:

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

- Los alumnos consideran un recurso útil el disponer de un repositorio *online* con todos los fósiles en 3D (4,21 sobre 5).
- El aprendizaje con medios digitales interactivos es considerado un buen complemento por los alumnos (4,51 sobre 5).
- Los alumnos consideran el material tridimensional un buen complemento para su formación y aprendizaje. También piensan que disponer del patrimonio fósil en su Smartphone puede mejorar su aprendizaje y les permite profundizar en casa (4,29 sobre 5).

Como futuro trabajo se planea realizar un estudio experimental con grupos diferenciados y testear la validez de los modelos impresos en 3D en comparación con los fósiles reales.

Posteriormente se pretende realizar un libro multimedia interactivo que incluya todos los modelos tridimensionales escaneados, así como fotografías, videos, texto y ejercicios para generar un único objeto de aprendizaje digital que facilite el acceso de los estudiantes a todo el material.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de innovación educativa "Creación de Objetos de Aprendizaje Tridimensionales para la Docencia del Registro Fósil, del área de Paleontología de la ULL".

8. Referencias

Andrade Lotero, L., Espitia Gómez, C., Huertas Franco, E., Aldana Ahumada, D., & Bacca Pachón, P. (2012). Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con o sin Manipulación Física. *Psicología Educativa*, 29-40.

Andrade Lotero, L., Cobo Charry, M., Díaz Díaz, L., Flórez Pineda, A., Garavito Muñoz, C., González Doblado, D., ... Villarraga Acero, G. (2011). Manipulables físicos para la formación de conceptos artificiales en niños de 6 a 8 años de edad. *Itinerario Educativo*, 57, 157-183.

Arribas, A. B. (2004). Nuevos registros paleontológicos de grandes mamíferos en la Cuenca de Guadix-Baza (Granada), aportaciones del proyecto Fonelas al conocimiento sobre las Faunas continentales del Plioceno-Pleistoceno europeo. *Boletín Geológico y Minero*, 567-582.

Baeza, E., Gutiérrez-Marco, J. C., & Rábano, I. (2013). Obtención de grandes réplicas de elementos singulares del patrimonio geológico del Parque Nacional de Cabañeros (Castilla-La Mancha).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo. Cuadernos del Museo Geominero, 15, 573-582.

Bamford, A. (2011). *The 3D in education white paper.*

Bates, K. T., Falkingham, P. L., Hodgetts, D., Farlow, J. O., Breithaupt, B. H., O'Brien, M., Neffra Matthews, N.; Sellers, W. I. & Manning, P. L. (2009). Digital imaging and public engagement in palaeontology. *Geology Today, 25(4)*, 134-139. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2451.2009.00714.x>

Benton, J. (2014). The "magic" al growth of an online gigapan repository for geoscience education. In 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia.

Buscalioni, Á. D. (2007). *Rutas por museos y colecciones de paleontología: Navarra, Cataluña y Comunidad Valenciana* (Vol. 4). IGME.

Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP.

Cayla, N. (2014). An Overview of New Technologies Applied to the Management of Geoheritage. *Geoheritage, 6(2)*, 91-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-014-0113-0>

Coates, C., Hager, P., Johnson, W., & Stevens, N. (2009, April). Employing rapid prototyping in a first-year engineering graphics course. In *Proceedings of 2009 ASEE southeast section conference*. Marietta, USA.

Converse Jr., H. H. (1984). *Handbook of paleo-preparation techniques.*

Cruzado-Caballero, P., Fortuny, J., Llácer, S., & Canudo, J. I. (2015). Paleoneuroanatomy of the European lambeosaurine dinosaur *Arenysaurus ardevoli*. *PeerJ, 3*, e802. doi: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.802>

Dalgarno, B., & Lee, M. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Tecnology, 41*, 10-32. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>

Dardon, U., de Souza, R. S., Abranches, C. T. S., & Bergqvist, L. P. (2010). Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontológica. *Gaea-Journal of Geoscience, 6(2)*, 76-89. doi: <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2010.62.04>

de la Torre Cantero, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Carbonell, C., & Contero, M. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED. Revista de Educación a Distancia(37)*.

de la Torre Cantero, J., Saorín, J., Martín, N., & Contero, M. (2012). Digital Tangible Interfaces as an alternative to Physical Models for use in a Virtual Learning Environment in Engineering. *Proceeding of International Conference on Engineering Education 2012*. Turku, Finland.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Eldredge, N., & Gould, S. J. (1991). *Fossils: the evolution and extinction of species* (pp. 4-30). Aurum Press.

Falkingham, P. L. (2012). Acquisition of high resolution three-dimensional models using free, open-source, photogrammetric software. *Palaeontologia Electronica*, 15(1), 15.

Friess, M. (2012). Scratching the Surface? The use of surface scanning in physical and paleoanthropology. *Journal of Anthropological Sciences*, 1-26.

Gómez-Alba, J. (1988). *Guía de Campo de los Fósiles de España y de Europa*. Omega.

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*.

González-Delgado, J., Martínez-Graña, A., Civis, J., Sierro, F., Goy, J., Dabrio, C., ... Abad, M. (2015). Virtual 3D tour of the Neogene palaeontological heritage of Huelva (Guadalquivir Basin, Spain). *Environ Earth Sci*, 73, 4609-4618. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-014-3747-y>

Gothebe, M. J. (1988). La utilidad de sustitutos y reproducciones en los Museos. *Boletín de la Anabad*, 177-186.

Leakey, L., & Dzambazova, T. (2013). Prehistoric Collections and 3D Printing for Education. In: Low-cost 3d printing for Science, Education and Sustainable Development.

Lerma, J., Cabrelles, M., & Seguí, A. (2011). Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares. *Revista ph-Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 127-129.

Lukeneder, A. (2012). Computed 3D visualisation of an extinct cephalopod using computer tomographs. *Computers & Geosciences*, 45, 68-74. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2012.04.003>

Lukeneder, S. & Lukeneder, A. (2011). Methods in 3D Modelling of Triassic Ammonites from Turkey (Taurus, FWF P22109-B17). *Proceedings IAMG 2011 Salzburg (2011)*, pp. 496-505

Mallison, H. (2011). Digitizing methods for palaeontology: applications, benefits and limitations. In *Computational paleontology* (pp. 7-43). Springer Berlin Heidelberg. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16271-8_2

Meléndez, M. N. (1983). *El Cretácico de la región de Cañete-Rincón de Ademuz (provincias de Cuenca y Valencia)*. Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Pomaska, G. (2013). Monitoring the deterioration of stone at Mindener Museum's Lapidarium. *XXIV International CIPA Symposium SR3* (págs. XL-5/W2). doi: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-5-w2-495-2013>

Piaget, J. (1991). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Labor S.A.

Prieur, A. (2004). Le moulage, une technique au service de la protection du patrimoine. *Workshop de l'UNESCO à Dhaka*, (pp. 19-27). Bangladesh.

Rahman, I., Adcock, K., & Garwood, R. (2012). Virtual Fossils: a New Resource for Science Communication. *Evo Edu Outreach*, 635-641. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12052-012-0458-2>

Reynolds, D. (2010). *School effectiveness*. A&C Black.

Roubach, S., Gomez de Soler, B., Campeny, G. V. and Morales, J. I., 2014. Preparation of a turtle fossil from the Pliocene site of Camp dels Ninots (Caldes de Malavella, Girona, Spain). *Journal of Paleontological Techniques*, 13, 38-49.

Royo Torres, R., Mampel, L., & Alcalá, L. (2013). Icnitas de dinosaurios del yacimiento San Cristóbal 3 de la Formación Camarillas en Galve (Teruel, España). *Geogaceta*, 5-8.

Saorín Pérez, J., Meier, C., De la Torre-Cantero, J., Melián Díaz, D., & Drago-Díaz Alemán, M. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 427-444.

Schmidt, R., & Ratto, M. (2013). Design Tools for the Rest of Us: Maker Hardware Requires Maker Software. *Conference Proceedings: FAB at CHI Workshop*.

Sutton, M., Rahman, I., & Garwood, R. (2013). *Techniques for virtual palaeontology*. Oxford: John Wiley & Sons. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118591192>

Teshima, Y., Matsuoka, A., Fujiyoshi, M., Ikegami, Y., Kaneko, T., Oouchi, S., & Yamazawa, K. (2010). Enlarged skeleton models of plankton for tactile teaching. In *Computers Helping People with Special Needs* (pp. 523-526). Springer Berlin Heidelberg. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-14100-3_78

Troxler, P., & Wolf, P. (2010). Bending the Rules. The Fab Lab Innovation Ecology. *11 International CINet Conference*. Zurich: Switzerland.

Uttal, D. H. (2003). On the relation between play and symbolic thought: The case of mathematics manipulatives. En D. H. Uttal, *Contemporary perspectives in early childhood* (pp. 97-114). USA: Information Age Publishing.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Warburton, S. (2009). Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40, 414-426. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00952.x>

Winkelbach, S., Molkenstruck, S. & Wahl, F. M. (2006). Low-Cost Laser Range Scanner and Fast Surface Registration Approach. - Proceedings of the DAGM, ser. LNCS, 4174: 718-728. doi: http://dx.doi.org/10.1007/11861898_72

Yi-Chen, C., Hung-Lin, C., & Wei-Han, H. &.-C. (2011). Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267-276. doi: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000078](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000078)

Zapata-Ros, M. (2012). Calidad y entornos ubicuos de aprendizaje. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 31.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

5.

Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano.

*RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología
Educativa) Vol 15 (3) (2016), pp. 83 - 97*

Emerging Sources Citation Index
(Web of Science, WOS).
Latindex
Índice de Impacto
Journal Scholar Metrics: H5=8

(Diciembre 2016)

Cecile Meier, Jose Luís Saorín Pérez, Jorge de la Torre-Cantero, Ale-
jandro Bonnet de León, Miguel Melgar Ramírez

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

5.

RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa)

Construcción de un mundo virtual en Minecraft para el aprendizaje del Patrimonio escultórico urbano

<ul style="list-style-type: none"> Fuente de Impacto: Latindex 	<ul style="list-style-type: none"> Características cumplidas : 34 Características no cumplidas: 2
<ul style="list-style-type: none"> Fuente de impacto: Journal Scholar Metrics Índice de impacto: H5: 8 (periodo 2010-2014) Posición de publicación: 804 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría: Educación Revista dentro del 25%: No Num. revistas en cat.: 1.115

latindex

Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa (RELATEC) tiene como objetivo principal ser un puente en el espacio latinoamericano entre expertos, especialistas y profesionales de la docencia y la investigación en Tecnología Educativa. En la misma profesiones publicar sobre aquellos aportaciones científicas innovadoras, oferta o inductivamente, con este amplio campo del conocimiento científico: investigaciones, experiencias, desarrollos técnicos, etc., generales o centradas en niveles educativos concretos.

Características cumplidas / cumplidas / Satisfechas: 34
Características no cumplidas / No cumplidas / Satisfechas por mes: 2

Título: Revista latinoamericana de tecnología educativa
Título Abreviado: Rev. latinoam. tecnol. educ.
País: España
Situación: vigente
Año de inicio: 2007
Año de Terminación: 9999
Frecuencia: Semanal
Tipo de publicación: Publicación periódica
Idioma: Español
Idioma: Español
Otros Títulos: RELATEC
Temas: Ciencias Sociales
Suplemento: Tecnología educativa
Clasificación Decimal Universal: 37
Editorial: Universidad de Extremadura, Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Educación
Naturaleza de la publicación: revista técnico-profesional
Naturaleza de la organización: institución educativa
Revista abreviada: si

JOURNAL SCHOLAR METRICS
ARTS, HUMANITIES, AND SOCIAL SCIENCES

Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-relatec

IMPACT INDICATORS

Period	Totals			Without Journal self citations		
	H5-Index	H5-Median	H Citations	H5-Index	H Citations	%
2010-2014	6	8	52	6	49	+

SUBJECT CATEGORIES AND RANKINGS

Subject Category	Ranking	Position	Quartile
Education	Only core journals	772nd (of 1077)	Q3
	All journals	804th (of 1115)	Q3

INDEXED IN

Source	Category / Status
Ulrich's Periodicals Directory	Education

Journal Scholar Metrics is a product developed by EC3 Research Group: Evaluación de la Ciencia y la Comunicación Científica Universidad de Granada Campus de Cartuja s/n, Granada (Spain).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

R E L A T E C

Revista Latinoamericana de
Tecnología Educativa

RELATEC

Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa

Web: <http://relatec.unex.es>

Vol 15(3) (2016)

Construcción de un mundo virtual en *Minecraft* para el aprendizaje del patrimonio escultórico urbano

Building a virtual world in *Minecraft* for learning urban sculptural heritage

Cecile Meier¹, Jose Luís Saorín Pérez², Jorge de la Torre-Cantero², Alejandro Bonnet de León¹ y Miguel Melgar Ramírez³

¹ Doctorando en Educación. Facultad de Educación. Universidad de La Laguna. Avda. Trinidad s/n. 38200 - La Laguna, Santa Cruz de Tenerife (España). ² Departamento de Técnicas y Proyectos en Arquitectura e Ingeniería. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Sección de Arquitectura Técnica. Universidad de La Laguna. Avda. Ángel Guimerá Jorge, s/n. Campus Central. 38200 - La Laguna, Santa Cruz de Tenerife (España). ³ Droiding - Robótica educativa. C/ Dr. Pasteur, 14, 38205 - La Laguna, Santa Cruz de Tenerife (España).

E-mail / ORCID ID: cecile.eme@hotmail.com / 0000-0001-7160-2154; jlsaorin@ull.edu.es / 0000-0003-3240-3317; jcantero@ull.edu.es / 0000-0001-5516-0456; alebonle@hotmail.com / 0000-0001-7992-545X; info@somosdroiding.com / 0000-0001-7174-4929

Información del artículo

Recibido 3 de Marzo de 2016. Revisado 23 de Junio de 2016. Aceptado 11 de Octubre de 2016.

Palabras clave:

Videojuegos, Educación del patrimonio, *Minecraft*, Recurso Educativo, Visita Virtual

Keywords:

Computer Games, Heritage Education, *Minecraft*, Educational Resources, Virtual Visit



Resumen

En este artículo se describe una experiencia para divulgar el patrimonio escultórico a los alumnos a través de un mundo virtual inmersivo en tres dimensiones. Este mundo se ha construido con *Minecraft* y consiste en una simulación 3D de un espacio físico que representa parte de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, en concreto la Rambla que cruza toda la ciudad y el Parque García Sanabria. En esta zona de la ciudad se encuentran ubicadas 24 esculturas correspondientes a la I Exposición Internacional de Esculturas en la calle. Dichas obras se han colocado en el mundo virtual, en su ubicación real y se ha diseñado una actividad para realizar una visita virtual. En este trabajo, se detalla los pasos necesarios para crear el entorno virtual mediante programas gratuitos que se pueden manejar con conocimientos informáticos básicos. Para probar este material, se ha realizado una acción con 12 estudiantes del Máster de profesorado para validar los aspectos tecnológicos, medir el aprendizaje y al finalizar la actividad, se ha pasado un cuestionario de satisfacción.

Abstract

This article describes an experience to divulge the sculptural heritage to students through an immersive virtual world in three dimensions. This world has been built with *Minecraft* and consists of a 3D simulation of a physical space that represents part of the city of Santa Cruz de Tenerife, specifically the Rambla which crosses the entire city and the Parque García Sanabria. In this area of the city, 24 sculptures are located corresponding to the First International Street Sculpture Exhibition. These works have been placed in the virtual world in its actual location and designed an activity to make a virtual tour. This paper details the steps to create the virtual environment working with free programs that can be used with a basic computer knowledge. To test this material, an activity has been performed with 12 students belonging to the Master of Education to validate technological aspects, measure the learning improves and at the end, the students fill a satisfaction questionnaire.

DOI: 10.17398/1695-288X.15.3.83

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

1. Introducción

Desde 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO, 2006) destaca la importancia de incrementar el respeto y el aprecio del patrimonio cultural mediante la educación. También la Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (Eurydice, 2009) determina que la comprensión del patrimonio cultural y, por lo tanto el escultórico, debe ser un objetivo dentro de la educación. En el currículo educativo se incluye el estudio de la cultura contemporánea, que contiene, dentro de los objetivos principales en secundaria, conocer, valorar y respetar el patrimonio artístico y cultural (BOE, 2015).

La enseñanza del patrimonio escultórico se trata principalmente desde la Historia del Arte y las Ciencias Sociales (Fontal Merillas, 2003; Giménez, Ruiz, & Fernández, 2007), tradicionalmente se realiza mediante imágenes, videos, Internet o, en el mejor de los casos, mediante una visita directa al patrimonio de una ciudad o a museos (Melgar & Donolo, 2011). Sin embargo las visitas no siempre son factibles porque implican desplazamientos, una gran inversión de tiempo, organización y dinero.

Debido a que las esculturas son objetos tridimensionales, ubicadas en un entorno específico, al divulgarlas a través de un recurso plano como las imágenes, se pierde información y limita la comprensión de las obras (Chamizo, 2010; Rea-Ramirez, Clement, & Núñez-Oviedo, 2008).

En este artículo se describe cómo acercar el patrimonio escultórico a los alumnos a través de un mundo virtual inmersivo en tres dimensiones, los mundos virtuales inmersivos son entornos simulados en el que un participante utiliza un avatar (una representación digital de uno mismo) para interactuar en un contexto digital (Dawley & Dede, 2014). Este mundo virtual se ha creado en *Minecraft*, un videojuego que permite la creación e interacción con objetos en un escenario 3D construido con bloques digitales tipo Lego. Según la clasificación de mundos virtuales realizada por Hew y Cheung (2010), esta propuesta se define como simulación del espacio físico.

Para la realización del mundo virtual, se ha reproducido la Rambla de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife y un Parque donde se encuentran ubicadas 24 esculturas pertenecientes a la I Exposición Internacional de Escultura en la Calle de 1973, consideradas una parte importante del patrimonio escultórico de la ciudad. En la exposición participaron un total de cuarenta y tres escultores de la talla de Joan Miró, Henry Moore, Óscar Domínguez, Martín Chirino o Josep María Subirachs. El conjunto de obras presentes en la ciudad a día de hoy constituye un museo abierto de esculturas urbanas de gran valor (Figura 1). El mundo virtual recrea dicha zona con las esculturas para ofrecer una visita digital inmersiva al patrimonio escultórico urbano como si se tratara de una visita en la realidad.



Figura 1. Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. A) Sin título de Federico Assler, B) Lorea de Ricardo Ugarte, C) Hombre de María Simón

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

1.1. Videojuegos en educación

El uso de los videojuegos con fines educativos lleva investigándose desde hace décadas. En 1978, G. Ball publicó el artículo «*Telegames Teach More Than You Think*» (Ball, 1978) en el que estableció cuatro áreas para la evaluación de los videojuegos como medios didácticos: el desarrollo instructivo de los videojuegos, el desarrollo de habilidades por parte de los videojuegos, el diseño de los videojuegos y su capacidad de adaptabilidad y flexibilidad.

Uno de los estudios sobre el potencial instructivo de los juegos, realizado por Lowery y Knirk (1982) más concretamente sobre los videojuegos, destaca la mejora en habilidades espaciales y el beneficio de la simulación tridimensional, aspecto también fundamental de la visualización espacial. Otros educadores ven en los videojuegos un poderoso motivador en un entorno digital, y estudian los videojuegos con el fin de determinar cómo integrar el componente motivacional en el diseño instruccional (Bracey, 1992; Driskell & Dwyer, 1984).

Bowman (1982) discute la motivación intrínseca e extrínseca de los videojuegos, utilizando Pac-Man como un ejemplo. Sugiere que los educadores deben utilizar los videojuegos como un modelo para mejorar la participación, el disfrute y el compromiso de los estudiantes. Proporcionando objetivos claros y desafiando a los estudiantes, lo que permite la colaboración, dando a los alumnos un mayor control sobre el proceso de aprendizaje. Afirma que los videojuegos promueven el aprendizaje activo desplazando a los jugadores al papel de participante, donde cada movimiento estratégico genera una respuesta visible.

En 1998 se publica el libro «*Jugando con Videojuegos: educación y entretenimiento*» (Gros, 1998), acerca de la experiencia en la utilización de videojuegos en el aula. La publicación de 2004 «*Pantallas, juegos y educación: la alfabetización digital en la escuela*» (Gros, 2004), es la construcción de bases sólidas para la integración de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en la educación. En 2011, el Instituto de Tecnologías Educativas del Departamento de Proyectos Europeos, publica el proyecto «*Imagine: Juegos digitales para el aprendizaje*» (Educativas, 2011). Su objetivo es aumentar la experimentación del aprendizaje basado en juegos y la integración de éste en las enseñanzas generales del sistema educativo.

Estallo (2009), plantea que limitar los videojuegos a una actividad exclusivamente lúdica, supone obviar la potencialidad educativa e instructiva. Por supuesto, los educadores han utilizado simulaciones y juegos para fomentar el aprendizaje durante décadas, y han ido aprovechando los avances en la tecnología de los juegos (Gredler, 1996; Heinich, 1996; Reigeluth & Schwartz, 1989).

Durante los últimos años, los videojuegos han comenzado a madurar como una forma de entretenimiento. Los avances en la tecnología han permitido a los diseñadores crear mundos digitales ricos con mejorado sonido y gráficos. Un buen diseño de videojuegos sumerge a los usuarios en ricos micromundos digitales interactivas (Squire, 2003). Prensky afirma que jugar a videojuegos ayuda a los niños, de forma inconsciente, prepararse para la vida del siglo XXI (Prensky, 2006).

Los videojuegos se pueden clasificar en muchas categorías, (rol, acción, aventuras...) dentro de ellas existen videojuegos que permiten la creación e interacción con objetos y escenarios 3D. Entre estos juegos, podemos destacar el uso de educativo de algunos de ellos como *SecondLife* (De Lucia, Francese, Passero, & Tortora, 2009), *Blokify* (Saorín, de la Torre-Cantero, Melián-Díaz, Meier, & Rivero-Trujillo, 2014) o *Minecraft*.

1.2. Descripción de Minecraft

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Minecraft es un juego tipo «*Sandbox*» (mundo abierto con libertad en la forma de jugar y construir sin reglas). Es un videojuego escrito en Java y publicado por la empresa Mojang. Fue lanzado en mayo de 2009 para ordenador y en 2012 para *IOS* de *Apple* y *Android* (Short, 2012). Se juega en un escenario (Mundo) tridimensional en el cual los jugadores tienen que moverse por el entorno. Estos mundos pueden ser creados y personalizados por el propio usuario. El juego se centra en la construcción 3D mediante bloques o cubos en un mundo en tres dimensiones. Más allá de simplemente construir con bloques, la uniformidad del juego de elementos cuadrados, es una alusión visual a *LEGO*TM, y sugiere un espacio en el que el jugador se da rienda suelta para crear lo que él desea con las piezas previstas. (Davidson, 2011). Es un juego en el que los jugadores no son simplemente los consumidores, sino que también son activos en el desarrollo del juego.

Minecraft se puede jugar con variantes, el modo creativo, donde se dispone de recursos ilimitados, no hay amenazas y el jugador se puede mover y crear libremente. El modo supervivencia, donde hay criaturas que amenazan la vida, es necesario buscar recursos y artículos para sobrevivir, el nivel más difícil, que es de supervivencia pero solo se dispone de una vida. Además, el modo aventura o Parkour que permite al jugador navegar en un mapa y seguir las reglas construidas por otra persona (Overby & Jones, 2015). El mundo del juego se crea con cubos que están hechos de diferentes materiales, tales como tierra, piedra, cristal, etc. Los jugadores pueden recoger estos materiales y, o bien colocarlos en el mundo para construir o utilizarlos para elaborar diversos artículos. *Minecraft* es como un banco de pruebas que al ser un mundo abierto sin ningún objetivo ni guion, permite un abanico de posibilidades y comportamientos muy amplios (Canossa, Martínez, & Togelius, 2013).

Cabe destacar que la mayoría de los alumnos de primaria y secundaria lo conoce y los que no, lo aprenden a manejar en cuestión de minutos ya que es muy intuitivo y tiene pocos controles básicos. Además, *Minecraft* es un juego multiplataforma, es decir funciona en cualquier dispositivo (ordenadores, tabletas, móviles, consolas).

1.3. *Minecraft* en Educación

Existe una página de recursos educativos para este videojuego: education.minecraft.net en dicha página se puede acceder a recursos diseñados específicamente para educación. Es interesante señalar que *Minecraft* está considerado un juego serio o formativo (Wendel, y otros, 2013). Los juegos serios por lo general se refieren a los juegos utilizados para la formación, simulación o la educación que están diseñados para funcionar en ordenadores personales o consolas de videojuegos (Shute, Ventura, Bauer, & Zapata-Rivera, 2009). Permiten a los estudiantes experimentar situaciones que son imposibles en el mundo real, por razones de seguridad, coste, tiempo, etc. (Susi, Johannesson, & Backlund, 2007).

Numerosos estudios presentan evidencias positivas respecto al uso de los juegos serios en contextos educativos detallando mejoras estadísticamente significativas. (Barab, y otros, 2010; Blunt, 2007). Prensky (2001) subraya que los juegos serios permiten que el estudiante forme parte del aprendizaje, en lugar de ser un receptor pasivo que escucha al profesor. Los juegos serios que ofrecen las nuevas tecnologías permiten un aprendizaje inmersivo e interactivo. La plataforma educativa de *minecraft*, se usa en numerosos entornos educativos para la enseñanza de conceptos científicos descritos por short (2012), como Biología, Ecología, Física, Química, o Geografía. Desde 2013 en las escuelas suecas el uso de *Minecraft* es obligatorio (Gee, 2013)

Existen diversidad de proyectos como por ejemplo una unidad titulada Arquitectura y descubrimiento que presenta edificios arquitectónicos como La pirámide de Chitchen Itza, el Coliseo romano o el Panteón en Roma el entorno 3D del juego (Saez-Lopez & Dominguez-Garrido, 2014). En el

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

estudio no se aprecian mejoras significativas y los padres mantienen valoraciones negativas, pero la mayoría de los sujetos considera que *Minecraft* mejora la creatividad, desarrolla el descubrimiento, es divertido, aplica de un modo efectivo contenidos orientados a edificios históricos y aporta ventajas de interacción.

Otros profesores han encontrado en *Minecraft* el entorno adecuado para la enseñanza de las matemáticas, el modo creativo es un entorno perfecto de pruebas para explorar conceptos tales como patrones algebraicos, medición, perímetro, área y volumen (Bos, Wilder, Cook, & O'Donnell, 2014). Morales (2013) usa el videojuego *Minecraft* por su amplia aceptación y conocimiento por parte de los estudiantes como una forma de acercamiento a sus intereses. Lo utiliza en Ciencias Sociales (Historia) para enseñar las características de las trincheras con todo el proceso histórico de la I Guerra Mundial. Además se incorpora el vocabulario en inglés asociado al tema, el principal objetivo es que los alumnos recreen este ambiente histórico en formato virtual trabajando activamente en equipos y colaborando en el aprendizaje del juego mientras desarrollan la creatividad.

Por otro lado, el programa Hábitat de la ONU utiliza *Minecraft* en 300 pueblos de todo el mundo para ayudar a los residentes a la renovación urbana y a construir la infraestructura que tanto necesitan. El programa se llama *Block by Block* y tiene como objetivo involucrar a los jóvenes en el proceso de planificación en las áreas urbanas, dándoles la oportunidad de mostrar a los planificadores y tomadores de decisiones la forma en que les gustaría ver sus ciudades en el futuro y *Minecraft* ha resultado ser la herramienta perfecta para facilitar este proceso (Brand & Kinash, 2013).

Otra propuesta es utilizar el juego para trabajar las ciencias utilizando el contexto de los volcanes, su entorno y su conservación (capas de la tierra, catástrofes naturales, rocas y minerales...). Con una metodología se basa en el fomento de la exploración, los resultados muestran una mejora del proceso de enseñanza aprendizaje, así como el aumento de la autonomía del alumnado (Soler, Luzón, Ortega, & Doménech, 2015).

Minecraft también se usa para la enseñanza y divulgación del patrimonio cultural. Jesse Craft (2016) presenta una forma innovadora para complementar la historia y las clases de lengua extranjera con un modelado 3D de la antigua Roma. Asumiendo la personalidad de un arquitecto antiguo, los estudiantes seleccionan un edificio, lo investigan y lo vuelven a crear en su ubicación original romana. Un profesor de la Universidad de Hull usa este juego en una clase arqueología recreando con los alumnos la villa medieval abandonada de *Wharram Percy* en *East Yorkshire*. Usando datos de topografía disponibles para la visualización de modelos 3D, crearon un mapa a escala de la región, con detalles del paisaje incluyendo ruinas, estanques, ríos, bosques, etc. (Mills, 2016).

1.4. Creación del mundo de Minecraft

Para crear un mundo virtual en este videojuego, la manera habitual es que cada usuario o varios jugadores en conjunto construyan bloque a bloque su propio entorno, desarrollando así el juego, sin embargo esta opción consume mucho tiempo. Existen otras posibilidades para crear un entorno o paisajes personalizados de manera más rápida y efectiva con elementos a elección del constructor.

Para ello se usan programas o los llamados *Mods* complementarios del juego. Uno de ellos es *World Edit* que permite al jugador cambiar y dar forma al terreno desde dentro del juego, *World Painter* es un programa que permite «pintar» un paisaje en *Minecraft*. Se trata de un programa independiente con una amplia variedad de opciones, aunque no es tan preciso como el *World Edit*, el cual funciona a una escala mucho mayor. Otra opción es *Voxel Sniper*, una herramienta para la formación de terreno del mundo. Es muy versátil y un gran complemento para el programa *World Edit*. El programa *MC Edit* es el Mod más

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

completo y sencillo de utilizar, es un programa de código abierto (gratuito) que permite editar el mundo actual al que se está jugando. Tiene muchas posibilidades, permite construir a gran escala, editar los mapas e introducir elementos 3D propios prediseñados con otros programas o construcciones descargables como los que se pueden encontrar en *Minecraft-schematics.com*.

Una de las grandes ventajas de los mundos de *Minecraft*, es que se pueden exportar y guardar para compartir a través de e-mail, *Dropbox*, aulas virtuales, etcétera. También se pueden compartir online para que cualquier usuario pueda jugar al mundo diseñado como, por ejemplo, *Minecraftworldmap.com*, *planetMinecraft.com*, *Minecraftmaps.com*, etc. En estas páginas web se comparten mundos construidos y diseñados por otros jugadores, pueden ser de aventura supervivencia o simplemente para explorar una construcción. Se puede encontrar por ejemplo *Jurassic World*, ciudades enteras como Manhattan, la casa blanca, el Coliseo de Roma, elementos educativos, etcétera.

1.5. Mundo personalizado del Patrimonio escultórico de Santa Cruz

En el caso descrito en este artículo se ha creado un mundo en modo aventura o Parkour. Es un mundo creativo, donde el jugador puede construir o destruir sin límite además de explorar y moverse libremente sin amenazas. El mundo virtual de *Minecraft* es una reconstrucción de la realidad, una simulación 3D de un espacio físico que representa parte de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, en concreto la Rambla que cruza toda la ciudad y el Parque García Sanabria. En esa zona de la ciudad se encuentran las esculturas de la I Exposición Internacional de Esculturas en la Calle, Un Patrimonio Escultórico Representativo de la Ciudad (Figura 2).



Figura 2. Mundo personalizado del Patrimonio escultórico de Santa Cruz.

El terreno en *Minecraft* fue construido para parecerse lo máximo posible a la realidad. De esta manera se tuvieron en cuenta la distribución de la Rambla y el Parque donde se encuentran las esculturas, también se recrearon los árboles y jardineras de la rambla. Así mismo se tuvo en cuenta aproximadamente la longitud y distancia entre las esculturas. Las esculturas están sobredimensionadas en el juego para evitar que pierdan detalle al transformarlos a un elemento de bloques. Para recorrer el mundo virtual, se tarda aproximadamente media hora, tiempo similar al que se tarda en recorrer la rambla de verdad. Sin embargo no deja de ser una interpretación simplificada en bloques del mundo real, en la figura 3 se puede apreciar la diferencia entre el mapa real y el mapa simplificado de *Minecraft*.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Figura 3. Mapa real (izquierda) y simplificación e interpretación en el mundo de *Minecraft* (derecha.)

Para comenzar a construir el mundo virtual se parte de un mapa extraplano, es decir un terreno llano y vacío, creado automáticamente al comenzar a jugar en *Minecraft*. Para construir e incorporar los elementos del mundo como árboles, carreteras, esculturas, etc. se usó el programa complementario, llamado MCEdit. Este programa permite seleccionar grandes superficies o volúmenes y rellenarlos de materiales como asfalto para las carreteras, tierra para el Parque o cemento para jardineras. También permite añadir plantas y árboles ya prediseñados. De esta manera se construye la zona en el entorno digital de manera más rápida que construyendo bloque a bloque.

Para añadir los modelos 3D de las esculturas de Santa Cruz de Tenerife se procedió primero a la creación de dichos modelos para luego exportarlos al formato de *Minecraft*. La mayoría de las esculturas se modelaron en 3D con el programa *Sketchup* (Figura 4A) y tres de ellas se reconstruyeron con el programa *Recap360*. *Sketchup* es un programa gratuito, que nos ofrece la posibilidad de introducirnos en el modelado 3D con pocos conocimientos y en muy poco tiempo. Dispone de una interfaz amigable, con un reducido número de órdenes intuitivas que permite un rápido aprendizaje. *Recap 360* es un recurso online gratuito que reconstruye un modelo 3D a partir de fotografías. Este trabajo fue realizado con anterioridad para enseñar el patrimonio escultórico mediante modelos tridimensionales en el aula (Saorín Pérez, de la Torre-Cantero, Meier, Melián Díaz, & Drago Díaz Alemán, 2015). La idea de crear el mundo de *Minecraft* viene con la intención de integrar todas las esculturas en un mundo virtual inmersivo en el entorno que simula la ubicación, color y tamaño relativo para su utilización en entornos educativos.

Una vez se dispone de los modelos 3D digitales hay que transformar cada uno de los modelos en un elemento de bloques reconocido por *Minecraft*, este formato se llama *.Schematic*. Una manera muy sencilla y gratuita de realizar este paso de transformación es utilizar *Tinkercad* (Mahedero, 2015) (Figura 4B). *Autodesk Tinkercad* es un programa de diseño 3D online y gratis, es intuitivo y fácil de usar. Se pueden importar modelos 3D en *Tinkercad*, con diferentes formatos CAD, para luego exportar al formato *.Schematic* reconocido para su incorporación en *Minecraft*.

Para introducir el archivo 3D generado en el paso anterior en nuestro mundo se sigue usando *MCEdit* (Figura 4C). Con la opción importar se abre el archivo *.Schematic* en el programa. Una vez se haya colocado el elemento en su sitio se guarda el mundo. Después de seguir los pasos descritos, se puede seguir jugando en el mundo de *Minecraft* modificado, con todo el terreno construido y las esculturas incorporadas (Figura 4D). Por último, en el juego, se añadió un cartel a cada escultura con el nombre y el autor correspondiente.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

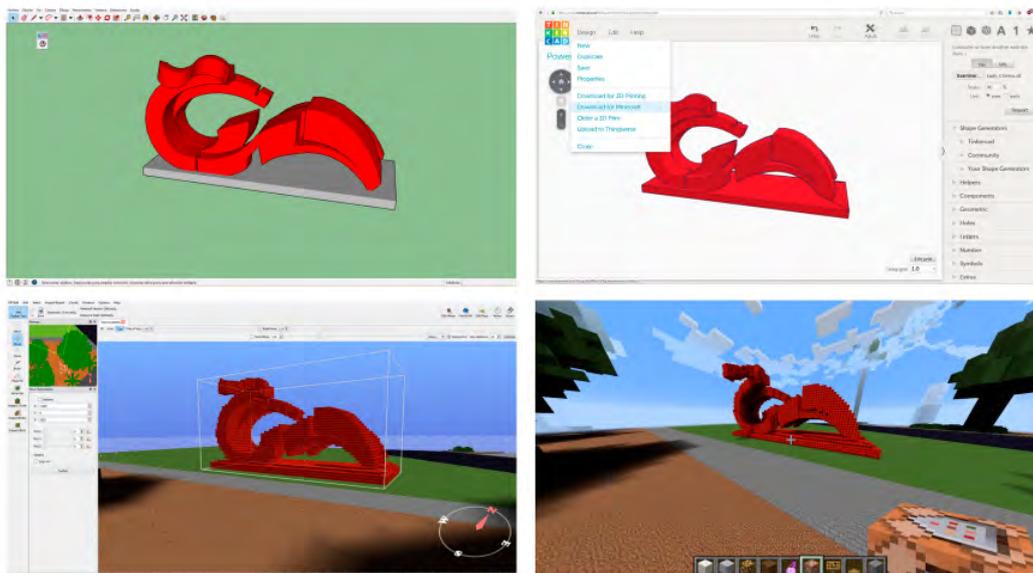


Figura 4. A. Modelo 3D en Sketchup B. Tinkercad: Convertir modelo en .Schematic (bloques de *Minecraft*.) C Introducir en el mundo de *Minecraft* mediante MCEdit. D. Elemento en el juego *Minecraft*

2. Metodología

La metodología empleada consiste en realizar una prueba piloto del mundo de *Minecraft* desarrollado, utilizando para ello una metodología quasi experimental realizada con un grupo pequeño de 12 alumnos. Esta muestra, aunque pequeña, nos permite, validar varios aspectos. Por un lado, los aspectos relacionados con la aplicación *Minecraft*, tales como facilidad de implantación, uso en diferentes equipos, tiempo necesario para ejecutar la prueba e instrucciones mínimas para el desarrollo de la misma. Estos datos nos permiten extraer conclusiones sobre la idoneidad técnica del material realizado. Por otro lado, se aprovecha la prueba piloto para realizar una validación preliminar de los aspectos relacionados con el aprendizaje del patrimonio escultórico y de satisfacción de los usuarios. Estos datos nos permiten obtener conclusiones preliminares, que aunque no sean tan potentes como en una prueba con una población mayor, nos pueden indicar el potencial educativo del material diseñado.

2.1. Participantes

La prueba piloto se ha realizado con 12 alumnos del Máster de Formación del Profesorado de la Universidad de La Laguna (España). El 80% de ellos no conoce ni ha jugado a *Minecraft* y solo el 6% se declara jugador habitual de videojuegos (más de 4 horas semanales). Esto se debe a que la edad media de los participantes es superior a 25 años.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

2.2. Hardware y software

Para la realización de la prueba se distribuyó los alumnos en siete grupos de un máximo de tres personas y se les pidió a cada grupo que llevara un ordenador portátil. Cada grupo instaló la versión gratuita de *Minecraft* en su equipo y se les suministró temporalmente para la realización de la actividad una cuenta de usuario que les permite añadir mundos al juego. El mundo de las esculturas, se les entregó a cada grupo en un pendrive.

2.3. Instrumentos de medida

En el desarrollo de la actividad se utilizaron varios instrumentos de medida. Por un lado se midió el tiempo que se tarda en completar el recorrido virtual, al objeto de determinar el mínimo necesario para llevarla a cabo en otros centros escolares. Se utilizó un cuestionario de 8 ítems tipo examen para valorar los conocimientos sobre las esculturas de Santa Cruz. El cuestionario consiste en asociar las esculturas con su nombre, su autor y su ubicación (Figura 5). Para medir el efecto de la actividad sobre dichos conocimientos, el mismo cuestionario fue completado por los alumnos antes y después de la misma.

Escultura	Nombre	Autor	Ubicación
1 	<input type="radio"/> Lucha de Serpientes	<input type="radio"/> Claude Viseux	<input type="radio"/> Rambla
2 	<input type="radio"/> Sin Título	<input type="radio"/> María Simón	<input type="radio"/> Rambla

Figura 5. Cuestionario para valorar los conocimientos sobre las esculturas.

El segundo instrumento de medida utilizado ha sido un cuestionario de satisfacción de siete preguntas en escala *Likert* de 1 al 5 (1 nada de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo). Las preguntas del cuestionario son las siguientes:

- 1) Me gustaría hacer más actividades de aprendizaje basadas en videojuegos.
- 2) Creo que el uso de *Minecraft* mejora la motivación para estudiar y aprender en clase.
- 3) El aprendizaje con videojuegos es un buen complemento junto a los materiales tradicionales.
- 4) Me ha resultado fácil manejarme en el mundo de *Minecraft*.
- 5) He podido encontrar todas las esculturas con la ayuda del mapa.
- 6) Como futuro profesor quiero utilizar videojuegos para enseñar a mis alumnos.
- 7) Usar un mundo de *Minecraft* me parece útil para la enseñanza – aprendizaje del patrimonio escultórico urbano.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

3. Descripción de la actividad.

La prueba se realizó en dos sesiones de tres horas cada una. La primera, en la que se pasó el cuestionario de conocimiento sobre las esculturas, se instaló *Minecraft* en los ordenadores portátiles, se activó la cuenta y se enseñó los comandos básicos del videojuego. También se enseñó a todos los grupos a añadir mundos creados por otras personas en el juego. Los participantes dedicaron el tiempo restante de la sesión a jugar con la aplicación. En la segunda sesión, los alumnos instalan el mundo de las esculturas de Santa Cruz y recorren el entorno virtual diseñado. Esta actividad se realizó en grupos de dos o tres personas, en total 7 grupos con un ordenador por cada uno (Figura 6).



Figura 6. Taller de *Minecraft*.

La finalidad de la actividad, no sólo era hacer el recorrido, sino también rellenar una ficha de las 24 esculturas que se encontraban en el mapa en el menor tiempo posible. Para completar la ficha era necesario apuntar el nombre de la escultura, el autor y la ubicación de la misma (Figura 7A). Los datos de las esculturas se encontraban en los carteles colocados junto a cada escultura. Debido a que el mundo virtual reproduce un recorrido real largo, los participantes pueden perderse al igual que ocurre en el mundo real. Por ello se entregó un mapa en papel de la ubicación aproximada de las esculturas en el mundo de *Minecraft* (Figura 7B). Cada grupo tenía, además, que apuntar la hora de principio de la actividad y la hora de finalización de la misma. Cuando todos los grupos terminaron, se pasó de nuevo el cuestionario de conocimiento sobre las esculturas (Figura 5).

Rellena los datos de las esculturas según la información que encuentres en el mundo de *Minecraft*

Número	Nombre	Autor	Ubicación
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Figura 7. A) Ficha para apuntar los datos de las esculturas. B) Mapa con la ubicación aproximada de las obras.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

4. Resultados

Todos los grupos consiguieron completar el recorrido virtual y rellenar las fichas con los datos de las esculturas (nombre, autor y ubicación). El tiempo utilizado para la realización de dicho recorrido y rellenar la ficha fue de 53,42 minutos de media con un máximo 61 minutos y un mínimo de 39. Los resultados del test sobre conocimiento de las esculturas se pueden observar en la tabla 1. La máxima puntuación que se puede alcanzar son 24 puntos (3 puntos para cada una de las 8 esculturas). Para determinar si se ha producido una mejora en el aprendizaje, debido a que la muestra es pequeña y que no se puede garantizar normalidad, se ha realizado una prueba estadística no paramétrica denominada suma de rangos de Wilcoxon. En esta prueba la hipótesis nula es que no hay variación en las medias de las dos muestras.

Tabla 1.
Puntuación del cuestionario de los conocimientos sobre las esculturas

	Resultados antes de realizar la actividad (Max 24)	Resultados después de realizar la actividad (Max 24)	Diferencia
Alumno 1	10	12	2
Alumno 2	5	15	10
Alumno 3	15	16	1
Alumno 4	13	14	1
Alumno 5	13	16	3
Alumno 6	11	22	11
Alumno 7	12	13	1
Alumno 8	13	5	-8
Alumno 9	3	5	2
Alumno 10	14	18	4
Alumno 11	12	18	6
Alumno 12	5	9	4
Media	10,50	13,58	
(dev. est.)	(4,38)	(5,66)	

De los resultados obtenemos que el estadístico de Wilcoxon de la experiencia tiene un valor de $T = (\text{Min } T+, T-) = 10$. Para una significación del 0,05 de las tablas de Wilcoxon para $n < 25$, se obtiene un punto crítico de 13. Como el estadístico del experimento es menor que el punto crítico ($10 < 13$) se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto podemos concluir que hay diferencia en las medias de las dos muestras. En este caso, dicha afirmación, se traduce en que el grupo ha mejorado su conocimiento de las esculturas. También se pueden utilizar los datos del cuestionario anterior, para ver el conocimiento del grupo sobre cada una de las preguntas realizadas sobre las esculturas, es decir sobre el nombre de la misma, su autor y su ubicación. En la tabla 2 se muestra la mejora obtenida expresada en porcentaje de aciertos del cuestionario. Debido a que las esculturas de Santa Cruz son muy conocidas, la mayoría de los participantes era capaz antes de la actividad de situar la ubicación de las mismas. Sin embargo la mayoría no era capaz de indicar el nombre o el autor de la misma.

Tabla 2.
Resultados del cuestionario para valorar los conocimientos sobre las esculturas.

	Nombre de la Escultura	Autor	Ubicación
Resultados antes de realizar la actividad	27,08%	18,75%	71,88%
Resultados después de realizar la actividad	59,38%	33,33%	79,17%
Mejora	32,30%	14,58%	7,29%

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Los resultados del cuestionario de Satisfacción se pueden observar en la tabla 3. Para determinar la fiabilidad del cuestionario se calcula el Alfa de Cronbach y se obtiene un valor de 0,86 que permite considerar muy aceptable la fiabilidad del mismo.

Tabla 3.
Resultados del cuestionario de satisfacción.

Ítems	Media (d.e) N=12
Me gustaría hacer más actividades de aprendizaje basadas en videojuegos.	3,8 (1,23)
Creo que el uso de <i>Minecraft</i> mejora la motivación para estudiar y aprender en clase.	3,7 (1,42)
El aprendizaje con videojuegos es un buen complemento junto a los materiales tradicionales.	4,1 (1,10)
Me ha resultado fácil manejarme en el mundo de <i>Minecraft</i>	4,2 (0,92)
He podido encontrar todas las esculturas con la ayuda del mapa	3,6 (1,07)
Como futuro profesor quiero utilizar videojuegos para enseñar a mis alumnos.	3,6 (1,35)
Usar un mundo de <i>Minecraft</i> me parece útil para la enseñanza – aprendizaje del patrimonio escultórico urbano.	3,8 (1,14)

5. Conclusiones

El tamaño del grupo con el que se ha realizado la prueba no nos permite extraer conclusiones definitivas sobre el aprendizaje y por lo tanto podemos considerar los resultados como punto de partida para investigaciones con más alcance. Sin embargo, sí que podemos decir que hemos comprobado que con el videojuego *Minecraft*, se puede construir un mundo virtual inmersivo sin conocimientos informáticos avanzados. Además la creación de un mundo en *Minecraft* con los programas complementarios necesarios es gratuita. Por lo tanto, cualquier docente podría crear su propio entorno digital, también se propone que los propios alumnos participen en la creación de mundos de *Minecraft*, insertando ellos mismo los modelos 3D de esculturas locales creando el mundo conjuntamente. Jessie Craft (2016) describe una experiencia de este tipo para crear junto con sus alumnos en *Minecraft*, un mundo que reproduce la antigua Roma. Sin embargo esta actividad necesitó 9 horas para su realización y además no todos los alumnos pudieron completar la tarea.

Dado que la actividad fue completada sin problemas mayores, por alumnos que no son jugadores habituales ni conocían *Minecraft*, en menos de una hora (53, 42 minutos de media), se puede concluir que esta actividad, se puede realizar en diferentes ámbitos escolares en una clase lectiva de 55 minutos. El recorrido virtual descrito en este artículo se puede realizar en cualquier aula con ordenadores (o incluso con los ordenadores de los alumnos), previa instalación y preparación de los mismos. Los profesores no necesitan tener conocimientos de *Minecraft*, ya que casi todos los alumnos saben utilizarlo y manejarse en el entorno virtual. Se puede realizar un recorrido por la Rambla y el Parque de Santa Cruz, sin necesidad de realizar una salida con los alumnos. No sustituye la realidad como bien dicen Soler, Luzón, Ortega, & Doménech(2015) pero permite realizar esta actividad sin necesidad de desplazamiento y también sirve para mostrar escenarios imposibles en la realidad como por ejemplo el caso del estudio de las consecuencias de la erupción de un volcán.

La actividad propuesta tuvo resultados positivos, pero resaltamos la importancia de que en todo momento había un objetivo educativo claro, tal y como indica la organización internacional SRI (Clark, Tanner-Smith, & Killingsworth, 2014). Dicha organización analiza los impactos de la tecnología en el aprendizaje y compara varios estudios entre 2000 y 2012 sobre las condiciones de aprendizaje con juegos frente a condiciones sin ellos. El estudio subraya la importancia de que los juegos aumentan el aprendizaje si incluyen una actividad diseñada para la enseñanza.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

La mejora del conocimiento de los alumnos, sobre las esculturas de Santa Cruz de Tenerife, valoradas en el cuestionario tipo examen, ha sido positiva. Debido a que el grupo es pequeño, será necesario realizar más prueba para poder obtener una conclusión definitiva. Por otro lado, es interesante indicar que el conocimiento sobre el nombre de las esculturas aumentó un 32,30%, sobre el autor un 14,58% y sobre la ubicación un 7,20%. En este caso se ha obtenido datos de la retención a corto plazo, sería interesante realizar la prueba para comprobar el aprendizaje a largo plazo y si se incrementa en comparación con métodos tradicionales de enseñanza.

La mejora de aprendizaje a través de videojuegos serios ha sido resumida por Wouters et. al (2013) que analizaron 39 estudios sobre juegos serios entre 1990 y 2012 una de sus conclusiones predice que la instrucción con juegos serios se obtiene índices de aprendizaje más altos que con la enseñanza convencional, con resultados estadísticamente significativas y además verifica que la retención a largo plazo es mayor comparada con la enseñanza tradicional. Por lo tanto, se podría comprobar en el caso de las esculturas de Santa Cruz, si aumenta más el aprendizaje con el videojuego que sin él.

Del cuestionario de satisfacción podemos concluir que a pesar de que los participantes no eran jugadores habituales de videojuegos, ni conocían *Minecraft*, les ha resultado fácil manejarse en el mundo virtual (4,2 sobre 5,0). Consideran que el aprendizaje con videojuegos es un buen complemento a los materiales tradicionales (4,1 sobre 5,0) y que usar el mundo de *Minecraft* para la enseñanza y aprendizaje del patrimonio escultórico les parece útil (3,8 sobre 5,0). También consideran que el uso de *Minecraft* mejora la motivación para el aprendizaje (3,7 sobre 5,00)

Al responder la pregunta del cuestionario sobre si ellos como futuros profesores usarían videojuegos para la enseñanza, la puntuación obtenida fue la más baja (3,6 sobre 5), por lo que se quizás estos alumnos no se sienten preparados para incluir los videojuegos en sus futuras asignaturas. Podría, por lo tanto, ser interesante pensar en acciones de formación para profesores en la línea del uso de videojuegos en educación.

6. Referencias

- Ball, H. (1978). Telegames Teach More Than You Think. *Audiovisual Instruction*, 23(5), 24-6.
- Barab, S., Dodge, T., Ingram-Goble, A., Pepler, K., Pettyjohn, P., & Volk, C. (2010). Pedagogical dramas and transformationalplay: Narratively rich games for learning. *Mind, Culture, and Activity*, 17(3), 235-264.
- Blunt, R. (2007). Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies. *Interservice/Industry Training Simulation & Education Conference (IITSEC)*. Orlando, Florida, USA: NTSA.
- BOE. (2015). *Boletín Oficial del Estado, Disposiciones generales*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- Bos, B., Wilder, L., Cook, M., & O'Donnell, R. (2014). Learning mathematics through *Minecraft*. *Teaching Children Mathematics*, 21(1), 56-59.
- Bowman, R. (1982). A Pac-Man theory of motivation. Tactical implications for classroom instruction. *Educational Technology*, 22(9), 14-17.
- Bracey, G. (1992). The bright future of integrated learning systems. *Educational Technology*, 32(9), 60-62.
- Brand, J., & Kinash, S. (2013). Crafting minds in *Minecraft*. *Education Technology Solutions*, 55, 56-58.
- Canossa, A., Martínez, J., & Togelius, J. (2013). Give me a reason to dig *Minecraft* and psychology of motivation. *Computational Intelligence in Games (CIG)*, (pp. 1-8). IEEE Conference: IEEE.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1).
- Clark, D., Tanner-Smith, E., & Killingsworth, S. (2014). *Digital Games, Design and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis (Executive Summary)*. Menlo Park: CA: SRI International.
- Craft, J. (2016). Rebuilding an Empire with *Minecraft*: Bringing the Classics into the Digital Space. *The Classical Journal*, 111(3), 347-364.
- Davidson, D. (2011). *Well Played--Vol. 1, No. 1*. Pittsburgh, PA, PA: Entertainment Technology Center Press.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jhf

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

- Dawley, L., & Dede, C. (2014). Situated learning in virtual worlds and immersive simulations. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 723-734). New York: Springer.
- De Lucía, A., Francese, R., Passero, I., & Tortora, G. (2009). Development and evaluation of a virtual campus on Second Life: The case of SecondDM. *Computers & Education*, 52(1), 220-233.
- Driskell, J., & Dwyer, D. (1984). Microcomputer videogame based training. *Educational Technology*, 24(2), 11-15.
- Educativas, I. d. (2011). *Proyecto Imagine: Juegos Digitales para el Aprendizaje*. Departamento de Proyectos Europeos.
- Estallo, J. (2009). El diagnóstico de «adicción a videojuegos»: uso, abuso y dependencia. In E. Echeburúa, F. Labrador, & E. Becoña, *Adicción a las nuevas tecnologías en adolescentes y jóvenes* (pp. 151-166). Eds.
- Eurydice, E. (2009). *Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo*. Bruselas: Secretaría General Técnica.
- Fontal Merillas, O. (2003). *La educación patrimonial. Teoría y práctica en el aula, el museo e Internet*. Gijón: Ediciones Trea SL.
- Gee, O. (2013). Swedish school makes *Minecraft* a must. *The Local*, p. 9.
- Giménez, J., Ruiz, R., & Fernández, R. (2007). Concepciones sobre la enseñanza y difusión del patrimonio en las instituciones educativas y los centros de interpretación: estudio descriptivo. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, 6(6), 75-94.
- Gredler, M. (1996). Educational games and simulations: A technology in search of a research paradigm. In D. Jonassen, *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 521-539). New York: MacMillan.
- Gros, B. (1998). *Jugando con los videojuegos: educación y entretenimiento*. Bilbao: Editorial Desclée De Brouwer.
- Gros, B. (2004). *Pantallas, juegos y educación. La alfabetización digital en la escuela*. Desclée De Brouwer.
- Heinich, R. (1996). *Instructional media and technologies for learning*. Englewood Cliffs, NJ: Simon & Schuster Books For Young Readers.
- Hew, K., & Cheung, W. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British journal of educational technology*, 41(1), 33-55.
- Mahedero, L. S. (2015). Tinkercad, una forma distinta de aprender a través de la fabricación digital. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 28(1), 37.
- Melgar, M., & Donolo, D. (2011). Salir del aula... Aprender de otros contextos: Patrimonio natural, museos e internet. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8.
- Mills, J. (2016, April 13). *Heritagedaily*. Retrieved from Recreating medieval towns – an example of why *Minecraft* is a great learning tool: <http://www.heritagedaily.com/2016/02/recreating-medieval-towns-an-example-of-why-Minecraft-is-a-great-learning-tool/109640>
- Morales, N. (2013). Creación y diseño de las trincheras de la Primera Guerra Mundial con *Minecraft*. *Congreso Internacional de Videojuegos y Educación*, (pp. 643-653). Cáceres.
- Overby, A., & Jones, B. (2015). Virtual LEGOs: Incorporating *Minecraft* Into the Art Education Curriculum. *Art Education*, 68(1), 21-27.
- Prensky, M. (2006). *Don't bother me, Mom, I'm learning!: How computer and video games are preparing your kids for 21st century success and how you can help!* St. Paul, MN: Paragon house.
- Rea-Ramirez, M., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In *Model based learning and instruction in science* (pp. 23-43). Netherlands: Springer.
- Reigeluth, C., & Schwartz, E. (1989). An instructional theory for the design of computer-based simulations. *Journal of Computer-Based Instruction*, 16(1), 1-10.
- Saez-Lopez, J., & Dominguez-Garrido, M. (2014). Integración Pedagógica De La Aplicación *Minecraft* Edu En Educación Primaria: Un Estudio De Caso. *Píxel-Bit, Revista de medios y educación*, 45, 95-110.
- Saorín Pérez, J. L., de la Torre-Cantero, J., Meier, C., Melián Díaz, D., & Drago Díaz Alemán, M. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(3), 427-444.
- Saorín, J., de la Torre-Cantero, J., Melián-Díaz, D., Meier, C., & Rivero-Trujillo, D. (2014). Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. *Digital Education Review*, 27(2), 105-121.
- Short, D. (2012). Teaching scientific concepts using a virtual world—*Minecraft*. *Teaching Science-the Journal of the Australian Science Teachers Association*, 58(3), 55.
- Shute, V., Ventura, M., Bauer, M., & Zapata-Rivera, D. (2009). *Melding the power of serious games and embedded assessment to monitor and foster learning*. Routledge.
- Soler, A., Luzón, V., Ortega, M., & Doménech, J. (2015). Aplicaciones educativas de los videojuegos: una propuesta didáctica con *Minecraft* para el aula de ciencias. *Revista Internacional de Aprendizaje y CiberSociedad*, 19(1).

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

- Squire, K. (2003). Video games in education. *Int. J. Intell. Games & Simulation*, 2(1), 49-62.
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2007). Serious games: An overview. Recuperado a partir de <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:2416>
- UNESCO. (2006). Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972. *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972* (p. 245). Francia: UNESCO.
- Wendel, V., Gutjahr, M., Battenberg, P., Ness, R., Fahnenschreiber, S., Göbel, S., & Steinmetz, R. (2013). Designing a Collaborative Serious Game for Team Building Using *Minecraft*. *European Conference on Games Based Learning* (p. 569). Academic Conferences International Limited.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249-265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>.

<http://relatec.unex.es>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

ANEXO II:

ARTÍCULOS EN REVISIÓN EN REVISTAS INDEXADAS

Fase I	
Fase II	6. Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional. EDUTECH. Revista electrónica de Tecnología Educativa. <i>Latindex</i> Índice de Impacto Journal Scholar Metrics H5=12
Fase III	7. Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys. PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. <i>Latindex</i> Índice de Impacto Journal Scholar Metrics H5=13 8. 3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education. IJADE. International Journal of Art and Design Education Índice de Impacto (2015) WOS; JCR = 0,263.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

6.

Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional.

EDUTEC. Revista electrónica de Tecnología Educativa.

Latindex
Índice de Impacto
Journal Scholar Metrics
H5=12

Carlos Carbonell Carrera, José Luis Saorín, Jorge De la Torre-Cantero,
Cecile Meier, Dámari Melián Díaz, Alejandro Bonnet de León.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

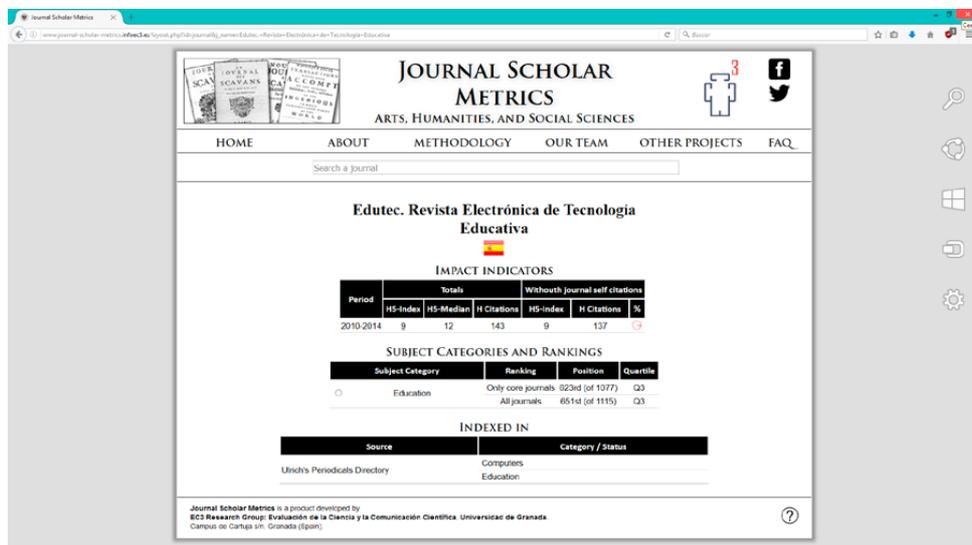
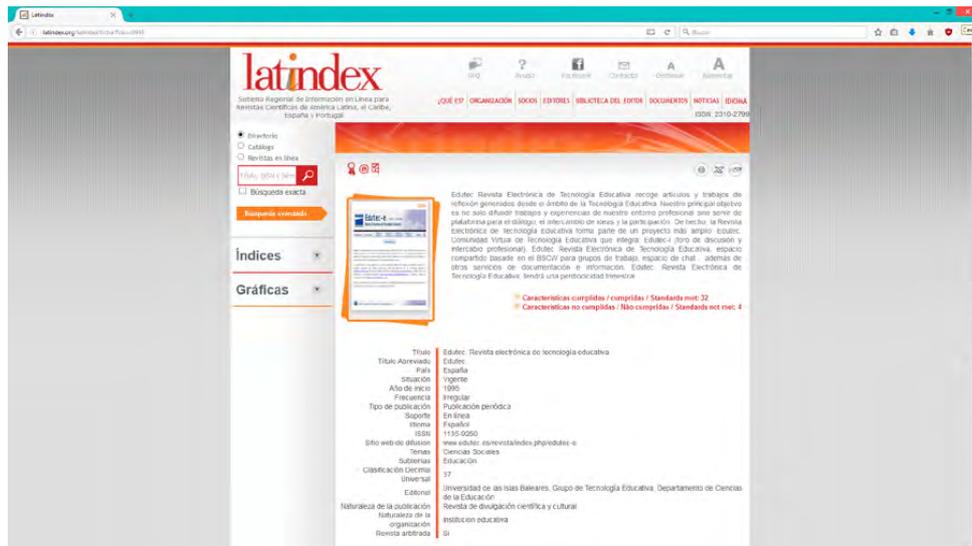
13/01/2017 15:36:49

6.

EDUTEC. Revista electrónica de Tecnología Educativa.

Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional.

<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de Impacto: Latindex 	<ul style="list-style-type: none"> • Características cumplidas : 32 • Características no cumplidas: 4
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Journal Scholar Metrics • Índice de impacto: H5: 12 (periodo 2010-2014) • Posición de publicación: 651 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Educación • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 1.115



<p>Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion</p>		
<p>Identificador del documento: 837816</p>		<p>Código de verificación: MUV/jh/f</p>
<p>Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER</p>		<p>Fecha: 19/12/2016 10:01:33</p>
<p>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ</p>		<p>19/12/2016 10:05:16</p>
<p>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO</p>		<p>13/01/2017 15:36:49</p>

Resguardo de la página web de la revista **EDUTEC. Revista electrónica de Tecnología Educativa.** que muestra el artículo “Recursos didácticos innovadores para el aprendizaje de contenidos de carácter tridimensional” en proceso de revisión

Inicio > Usuarios > Autoría > Envíos activos

Envíos activos

ID	DD-MM ENVIAR	SECC	AUTORES/AS	TÍTULO	ESTADO
014	20-10	ART	Meier, Cécile Carrera, Saorín, de...	RECURSOS DIDÁCTICOS INNOVADORES PARA LA ENSEÑANZA DE...	Asignación en espera

Empezar un nuevo envío
HAGA CLIC AQUÍ para ir al primer paso del proceso de envío en cinco pasos

Enlaces reback

FECHA DE CREACIÓN	VISITAS	URL	ARTÍCULO	TÍTULO	ESTADO	ACCIÓN
No hay ningún enlace reback.						

Publicar Ordenar Eliminar Seleccionar todo

MAQUETADO_Tecnolo...pdf 2016 Libro VI jornadas...pdf Libro 5 jornadas 2016.pdf iso-8859-1\Cjemplo_T...pdf 2012 EDUSFARM.pdf

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

RECURSOS DIDÁCTICOS INNOVADORES PARA LA ENSEÑANZA DE CONTENIDOS TRIDIMENSIONALES

Carlos Carbonell Carrera
 Universidad de La Laguna
 ccarbone@ull.es
 José L. Saorín
 Universidad de La Laguna
 jlsaorin@ull.edu.es
 Jorge de la Torre-Cantero
 Universidad de La Laguna
 jcantero@ull.edu.es
 Cecile Meier
 Universidad de La Laguna
 alu0100305944@ull.edu.es
 Dámari Melián-Díaz
 Universidad de La Laguna
 alu0100796810@ull.edu.es
 Alejandro Bonnet de León
 Universidad de la Laguna
 alebonle@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presenta un recurso educativo para facilitar el acceso a contenidos didácticos de carácter tridimensional. Determinadas materias precisan de la comprensión e interpretación de conceptos volumétricos: recursos didácticos innovadores para la edición, visualización e impresión 3D ofrecen una alternativa a las representaciones 2D en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se describe la creación de un catálogo escultórico que contempla versiones digitales y tangibles de modelos tridimensionales a través de tecnologías innovadoras de bajo coste. La prueba piloto desarrollada con 15 alumnos de bachillerato recoge una alta valoración de los participantes sobre las tecnologías empleadas.

ABSTRACT

This article presents an educational resource to facilitate access to three-dimensional educational content. Some subjects require understanding and interpretation of volumetric concepts: innovative teaching resources such as editing, viewing and printing 3D offer an alternative to 2D representations in the teaching and learning. A sculptural catalogue that provides digital and tangible versions of three-dimensional models through innovative low-cost technologies is described. The experience carried out with 15 high school students shows a high consideration of the participants on the technologies used.

Palabras clave: Enseñanza-aprendizaje tridimensional, Impresión 3D, modelos tangibles, modelos 3D digitales.

Palabras clave: Three-dimensional learning-learning, 3D printing, tangible models, 3D digital models.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

1. INTRODUCCIÓN

Para el aprendizaje de materias relacionadas con conceptos de carácter tridimensional, el uso de recursos didácticos tradicionales en 2D como libros, fotos, planos o dibujos puede ser complejo y a veces insuficiente para la comprensión espacial por parte del alumno, que precisa imaginar objetos bajo diferentes orientaciones, manipular modelos tridimensionales y trasladar mentalmente dibujos entre representaciones de dos y tres dimensiones. Por ello, en entornos educativos suele ser habitual la utilización de objetos tangibles o maquetas como recurso didáctico complementario. Álvarez (2011) señala la maqueta como un elemento didáctico de primer orden.

En ingeniería y arquitectura es habitual la utilización de maquetas, en geografía, mapas con relieve, en dibujo técnico se usan piezas metálicas manipulables y en estudios artísticos es normal el uso de réplicas tridimensionales de obras escultóricas, por citar algunos ejemplos en educación superior universitaria. En la enseñanza preuniversitaria también es habitual que los estudiantes realicen sus propias maquetas como un paso más en el proceso de aprendizaje (Sardà & Márquez, 2008).

El uso de estos modelos tangibles presenta inconvenientes como el precio, roturas, pérdidas, dificultad para su movilidad, almacenamiento, acceso, etc. Estos factores limitan disponer de una variedad amplia de modelos tangibles como objetos de aprendizaje. La falta de acceso a los objetos tangibles es especialmente evidente en la educación online.

Para solventar estos problemas, el empleo modelos 3D digitales constituye una alternativa viable, al ser fácilmente accesibles desde recursos TIC como Smartphone, tabletas u ordenadores, además de facilitar una manipulación tridimensional semejante al modelo tangible o maqueta. Sin embargo, Álvarez, (2011) resalta la importancia de las maquetas como recurso educativo. En este sentido, la disminución de precios en tecnologías de fabricación digital como las impresoras 3D hace cada vez más viable la incorporación de objetos de aprendizaje tangibles en la docencia reglada.

En este artículo se describe la creación de un recurso educativo tridimensional que contempla los dos formatos simultáneamente, el digital y el tangible, generado a través de tecnologías de bajo coste: un catálogo de esculturas que utiliza enlaces y códigos QR como acceso a modelos digitales tridimensionales que se pueden visualizar directamente de forma digital o descargar y replicar en una impresora 3D. El catálogo se presenta en dos formatos: libro tradicional con hiperenlaces o en versión tangible en forma de caja de esculturas impresas en 3D. Para valorar su implantación, se ha realizado una prueba piloto con alumnos de 1º de Bachillerato durante el curso 2015/16, en la que trabajaron con el catálogo de esculturas aportando sus valoraciones en un cuestionario que recoge su grado de satisfacción.

1.2 Antecedentes: objetos tridimensionales tangibles en educación

El uso de modelos físicos tangibles es una estrategia docente con una gran tradición. Un caso típico de objetos tangibles utilizado en secundaria son los modelos de piezas 3D para el aprendizaje de vistas normalizadas en las asignaturas de dibujo técnico (de la Torre Cantero, Martín-Dorta, Saorín, Carbonell, & Contero, 2013). Estos modelos físicos se utilizan para que los estudiantes puedan realizar bocetos desde distintos puntos de vista y mejorar la comprensión de la relación entre el mundo real (entornos y modelos tridimensionales) y las representaciones bidimensionales (dibujo de las vistas

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

normalizadas). Constituyen un material educativo muy extendido en dibujo técnico para potenciar la mejora de las habilidades espaciales (Ben-Chaim, Lappan, & Houang, 1988).

En estudios de ciencias naturales es frecuente disponer de elementos reales (fósiles, animales disecados...) para su estudio en laboratorio (figura 1, izquierda), en geología es frecuente el uso de minerales y rocas; En otras asignaturas se usan maquetas, pero el coste de éstas es considerable. Por ejemplo, el precio de la vaca de la figura 1 (derecha), utilizada en estudios de zootecnia, asciende a 3044,50 euros.



Figura 1. Izq.: Fósiles marinos canarios para el estudio en el laboratorio de la sección de paleontología. Dch.: Lámina y maqueta de estudio (Modelo de Vaca de la empresa Medical simulator) Área de Zootecnia de la Universidad de La Laguna

En ingeniería el empleo de maquetas ayuda a la comprensión del espacio tridimensional. En estudios de topografía se usan maquetas para facilitar la transición entre las representaciones 2D y su representación 3D (Carter, Patrick, Wiebe, Park y Butler; 2005). En arquitectura las maquetas son utilizadas como herramientas auxiliares en la realización de proyectos arquitectónicos (Carazo Lefort & Galván Desvaux, 2014).

Para el estudio de la escultura, el dibujo artístico y el volumen, es usual la utilización de réplicas de esculturas y objetos de escayola, que sirven entender los conceptos tridimensionales asociados al análisis de las formas y su representación (Rodríguez-Samaniego, 2013).

1.3 La alternativa digital

La aparición de tecnologías digitales permiten el diseño de recursos didácticos, alternativos a la manipulación directa de objetos tangibles, con los que el usuario puede interactuar con contenidos 3D. Entre estas tecnologías destacan los dispositivos multitáctiles como los smartphones y las “tablets”, cuya interfaz tangible se aproxima a la forma de interactuar con el objeto real (Yi-Chen, Hung-Lin, & Wei-Han, 2011).

De entre los informes internacionales sobre la tecnología en la (Instituto de Educación Internacional, 2014; OCDE, 2014; UNESCO, 2015) hay uno que se ha convertido en referente: el Informe Horizon. Este informe, elaborado por New Media Consortium, identifica nuevos tipos de tecnologías que pueden ser utilizados en la educación, y analiza su impacto en la educación, el aprendizaje y la investigación. El informe Horizon (Johnson et al., 2015) incide en las oportunidades para el aprendizaje informal, poder estudiar y trabajar dónde y cuándo quieras a través del uso de Smartphone y tabletas digitales destacando una nueva tendencia: BYOD (Bring Your Own Device), que promueve el uso por parte de los estudiantes de sus propios dispositivos para

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

acceder a recursos innovadores de aprendizaje como complemento a la docencia tradicional en el aula. Tabletas digitales y Smartphone constituyen una tecnología de gran potencial en el aula: un 30% de los niños españoles de 10 años de edad dispone de una Tablet o un Smartphone, un 70% a los 12 y un 83% a los 14 (Cánovas, García-De-Pablo, Oliaga-San-Atilano, & Aboy-Ferrer, 2014).

A este respecto, el resultado de un estudio reciente sobre la competencia digital en el aula a egresados de Grado en Maestro en Educación Infantil muestra que se sienten poco preparados para el uso didáctico de dispositivos multitáctiles y tecnologías 3D en el aula (Muñoz-Repiso & del Pozo, 2016). Es preciso un cambio de tendencia, y las tecnologías descritas en este trabajo pueden ayudar a conseguirlo.

1.3 ¿Digitales o tangibles?

El uso de modelos tridimensionales digitales puede solventar algunas de las carencias que presentan los modelos reales o maquetas, como roturas o pérdidas de objetos, ya que los modelos 3D no solo se pueden visualizar en diversos dispositivos, tanto offline como online, sino que además es posible su descarga para su reproducción tantas veces como sea necesario (son replicables). Resuelven, a su vez, la problemática del transporte, intercambio y almacenaje, debido a la opción de archivarlos en espacios en la nube o aulas virtuales, traspasando así los límites de un laboratorio.

En el año 2013, en la Universidad de La Laguna, se realizó una prueba piloto sobre la comparación del uso de modelos tangibles y digitales. Se analizó la viabilidad de modelos 3D digitales en tabletas como posibles sustitutos de las piezas utilizadas para el aprendizaje de vistas normalizadas en asignaturas de dibujo técnico. Pero los resultados fueron poco concluyentes: la valoración de los estudiantes fue muy similar en ambos casos al no haber una diferencia significativa entre las preferencias de los estudiantes por los modelos tangibles o por los modelos digitales (de la Torre Cantero, Martín-Dorta, Saorín, Carbonell, & Contero, 2013).

1.4 Precio, accesibilidad y disponibilidad

El modelado, escaneo y la impresión 3D hasta hace aproximadamente ocho años eran tecnologías reservadas para expertos en la materia y requerían un largo y costoso aprendizaje, además se precisaba un equipo técnico avanzado y el precio de los programas era muy elevado y sólo accesible para grandes centros, empresas o universidades (Caño, de la Cruz, & Solano, 2007).

Este panorama cambia en 2006, con la distribución de forma gratuita del programa SketchUp por parte de Google. Sketchup es un programa multiplataforma (PC y Mac) con una versión gratuita, que ofrece la posibilidad de introducir al usuario en el Modelado 3D con pocos conocimientos y en muy poco tiempo. Este programa se ha utilizado ya en la docencia de materias con contenidos 3D ofreciendo excelentes resultados (de la Torre Cantero, Saorín, Carbonell, de Castillo Cossío, & Contero, 2012). Blopkiy, Pottery (Saorín, de la Torre-Cantero, Melián, Meier, & Rivero, 2015) y la Suite de Autodesk 123D son otras aplicaciones de modelado 3D con versión gratuita y sencillas de utilizar, con las cuales (123D Catch) se han obtenido, a bajo coste, réplicas digitales de esculturas (de la Torre-Cantero, Saorín, Meier, Melián Díaz, & Alemán, 2015).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

En relación al escaneado de objetos, existen periféricos de videojuegos que tienen la posibilidad de detectar el espacio en 3D, lo que ha dado lugar a la aparición de escáneres tridimensionales muy accesibles, aunque de resoluciones no tan buenas como los profesionales. Un ejemplo es la utilización de la Kinect de Microsoft con el programa Skanet, que permite disponer un escáner 3D por menos de 500 euros. Por otro lado, además de la posibilidad de que los alumnos o profesores creen sus propios modelos 3D, existen páginas web especializadas en la difusión gratuita de modelos tridimensionales como Thingiverse, 3D Warehouse o SketchFab. Estos repositorios disponen de recursos especiales con modelos 3D enfocados a la educación. Para visualizar un modelo 3D es preciso disponer de una aplicación instalada en el dispositivo (Smartphone o Tablet). Sin embargo, en los repositorios especializados de objetos 3D se posibilita la visualización e interacción directa en el entorno online a través del propio navegador, sin necesidad de tener instalada ninguna aplicación de visionado 3D. Los entornos online especializados en modelos 3D para la educación también ofrecen la posibilidad de descargar e imprimir los modelos en una impresora 3D.

Usar modelos digitales e impresos en 3D en educación ha sido posible gracias a la bajada de precio y a los avances tecnológicos que han propiciado la aparición de aplicaciones de bajo costo y/o gratuitas con las que profesores y alumnos trabajan en un entorno tridimensional. Canessa, Fonda, & Zennaro (2013) afirman que es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que permitan sacar partido de las impresoras 3D en entornos educativos.

Como ejemplo, en la tabla 1 se describen los tamaños, tiempo, material utilizado y precio para la impresión de las esculturas utilizadas en esta experiencia.

Autor	Escultura	Tamaño impresión (cm)	Tiempo de impresión	Peso (en gramos) de PLA gastado	Precio de PLA (20€/kg)
Amadeo Gabino	Estela espacial	10	51 m	14,80	0,29 €
Andreu Alfaro	Sin Título	10	1h 14 m	23,87	0,47 €
Claude Viseux	Homenaje a Millares	7	1h 50 m	43,26	0,86 €
Eduardo Gregorio	Macla	7	54 m	16,81	0,33 €
Eduardo Paolozzi	Homenaje a Gaudí	15	1h 40 m	30,46	0,60 €
Eusebio Sempere	Móvil	10	2h 42 m	47,34	0,94 €
Federico Assler	Sin Título	10	46 m	14,19	0,28 €
Feliciano Hernández	Sin Título	10	1h 6 m	19,68	0,39 €
Francisco Sobrino	Móvil	10	53 m	10,10	0,20 €
Gottfried Honegger	Homenaje a Pascal	10	52 m	10,14	0,20 €
Gustavo Torner	Laberinto	8	2h 42 m	48,27	0,96 €
Henry Moore	El Guerrero Goslar	10	1h 2 m	21,23	0,42 €
Jaume Cubells	Sin Título	8	1h 21 m	29,47	0,58 €
Joan Miró	Femme Bouteille	10	50 m	13,54	0,27 €
Joaquín Rubio C.	Nivel	15	1h 22 m	25,63	0,51 €
José Abad	Sin Título	14	2h 30 m	45,77	0,91 €
Josep Guimaraes	Lucha de Serpientes	9	59 m	17,44	0,34 €
Josep M. Subirachs	Introversión	8	2h 39 m	62,87	1,25 €
Marcel Martí	Sin Título	10	55 m	18,28	0,36 €
María Simón	Hombre	10	1h 18 m	19,54	0,39 €
Mark Macken	Solidaridad	10	2h 2 m	36,8	0,73 €
Martín Chirino	Lady Tenerife	10	1h 29 m	32,42	0,64 €
Oscar Domínguez	Monumento al Gato	10	1h 19 m	24,22	0,48 €

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Pablo Serrano	Homenaje a Canarias	10	1 h 53 m	39,33	0,78 €
Remigio Mendiburu	Dado para 13	6	1h 41 m	33,81	0,67 €
Ricardo Ugarte	Lorea	11	1h 51 m	34,93	0,69 €
Xavier Corberó	Ejecutores y ejecutados	6	1h 54 m	39,85	0,79 €
Total			38h 35 m	774,05 g	15,33 €

Tabla 1: Ejemplo coste y tiempo de impresión del catálogo de esculturas de 27 piezas.

La accesibilidad y divulgación de los modelos 3D digitales en el ámbito docente es la misma que cualquier otro archivo digital, pudiendo incluirse en repositorios 3D especializados de manera gratuita (ej. Sketchfab o Thingiverse), en aulas virtuales, o repositorios online como Dropbox, Drive, etc. Así, los objetos tridimensionales pueden ser incluidos con facilidad en presentaciones multimedia o incluso en libros de papel mediante un enlace. Los libros, a pesar de los múltiples formatos de comunicación existentes, siguen siendo en la actualidad un formato de difusión de conocimiento muy extendido en entornos educativos. Existen al menos nueve tecnologías diferentes que permiten incluir objetos tridimensionales en libros digitales y de papel (Carbonell, Saorín, Meier, Melián-Díaz, & De-la-Torre-Cantero, 2016). Para incluir información 3D en un libro se puede indicar una referencia a una página web, que obliga al lector a teclear la dirección URL. Aunque existe la posibilidad de emplear direcciones URL cortas, hay aplicaciones que permiten, mediante un código, acceder a la dirección indicada, como por ejemplo un código QR. Se dispone de generadores de código QR libres y gratuitos en Internet, como por ejemplo el QR Creator, que facilitan su generación y uso. Mediante la combinación de enlaces digitales y códigos QR en un mismo libro se posibilita el acceso a los modelos 3D tanto en el libro en formato digital como en formato impreso.

2. METODOLOGÍA

2.1 Recurso educativo 3D replicable

En este trabajo se describe un recurso educativo para contenidos relacionados con el patrimonio escultórico: un catálogo de esculturas que incorpora modelos tridimensionales replicables.

Dado el carácter tridimensional de esculturas, su divulgación a través de un recurso plano como las imágenes en un catálogo tradicional hace que se pierda información y se limite la comprensión de las obras (Chamizo, 2010). Una posibilidad de incluir la tridimensionalidad de las esculturas en el aula es mediante enlaces a modelos digitales 3D o réplicas impresas en una impresora 3D, como se ha hecho para este trabajo, en el que se ha creado un catálogo de 27 esculturas públicas de Santa Cruz de Tenerife pertenecientes a la I Exposición Internacional de Esculturas en la Calle disponible en: <http://goo.gl/wD3EwS> (Fig. 2, izquierda). El catálogo se presenta en formato tradicional de libro donde las esculturas se describen con una ficha técnica (Nombre, descripción, autor, año, materiales, dimensiones y link con información adicional), una o varias imágenes de cada escultura y un mapa esquemático de la ciudad con su ubicación.

La diferencia respecto de un catálogo convencional radica en la incorporación de dos enlaces: uno para acceder a la visualización online del modelo 3D y otro para descargar e imprimir la escultura en una impresora 3D (Fig. 2, derecha). De este modo, si se dispone de la versión electrónica del libro, se puede acceder y visualizar el modelo tridimensional mediante un clic. Si se dispone del libro impreso en papel, se puede

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

acceder y manipular el modelo digital de la escultura mediante un Smartphone o tableta a través del código QR.



Figura 2: Catálogo con enlaces y códigos QR para la visualización y descarga de los modelos

Para organizar todas las obras impresas en 3D, se ha creado a su vez un embalaje (Fig. 3). El diseño y las plantillas para fabricar dicho embalaje, compuesto por dos cajas, están incluidos en el catálogo para que cualquier usuario pueda realizar su propia caja de embalaje con cartón, para lo cual solo precisará de una plancha de cartón grande (aproximadamente 130 x 130 cm) y una impresora de papel normal. El diseño de las cajas incluye fichas identificativas de cada obra con un enlace que posibilita volver a descargar e imprimir la obra en caso de pérdida o rotura. Se han impreso réplicas de todas las obras en una impresora 3D Makerbot Replicator 2 en filamento PLA blanco.



Figura 3: Catálogo de esculturas y conjunto de 27 esculturas impresas con su embalaje

Este recurso educativo, por tanto, da acceso a ficheros 3D que permiten la creación de réplicas tangibles mediante impresora 3D de las esculturas contenidas en el mismo. El docente dispone así de un catálogo de esculturas en dos formatos diferenciados: el formato libro con acceso a modelos digitales y el formato caja con los modelos tangibles manipulables (Fig. 4).

7

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

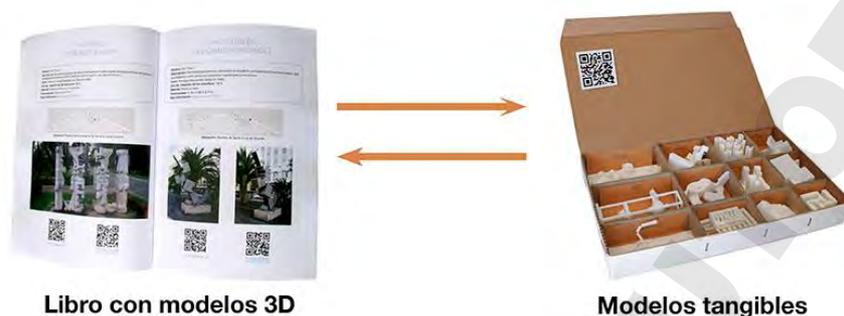
Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Libro con modelos 3D

Modelos tangibles

Figura 4: Esquema de relaciones

2.3 Participantes

Se facilitó el catálogo a un grupo de 15 alumnos de la asignatura de Dibujo, Diseño y Artes Plásticas de 1º de Bachillerato del Colegio MM. Dominicas Vistabella de Santa Cruz de Tenerife. Los estudiantes visualizaron las esculturas del catálogo a través de sus Smartphone, disponiendo a su vez de las obras impresas en 3D. Previamente se les hizo una encuesta sobre las tecnologías de visualización e impresión 3D. Al finalizar la clase, respondieron un cuestionario de satisfacción con respuestas en escala de Likert de 5 puntos (1: totalmente en desacuerdo, 5: completamente de acuerdo) al objeto de recoger su valoración. Para estimar la fiabilidad del cuestionario se calcula el coeficiente alfa de Cronbach. El valor obtenido (0,7) es suficiente para garantizar la fiabilidad del cuestionario de satisfacción.

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la encuesta previa, el 93 % de los participantes declara que dispone de Smartphone y ordenador para uso particular y un 60% ya tiene un lector de código QR instalado en su Smartphone. A todos los alumnos les gustaría disponer de material educativo impreso en 3D y el 86 % cree que un objeto 3D les ayuda a estudiar mejor. Un 86 % conoce las impresoras 3D, pero solo un 26 % las ha visto funcionar en directo. Un 93 % de los participantes afirma que les interesa el arte pero solo un 53 % muestra interés es las esculturas o se ha fijado en las esculturas urbanas de Santa Cruz de Tenerife.

Los resultados del cuestionario de satisfacción (Tabla 2) muestran la gran valoración que tiene el uso de una impresora 3D en el aula (4,6 sobre 5). Los estudiantes valoran positivamente conocer el patrimonio a través de modelos (4,8 sobre 5). Las puntuaciones más bajas, aunque positivas (siempre por encima de 2,5), se han obtenido sobre los enlaces a los modelos 3D, ya que, teniendo acceso a los modelos tangibles, los prefieren a visualizar la escultura a través del código QR (3,0 sobre 5), o no le ven gran utilidad a los enlaces a modelos 3D en el libro (3,5 sobre 5).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Pregunta	Media (desv. típica)
He podido visualizar una escultura en 3D a través del código QR	3,0 (1,5)
Me gustaría disponer de una caja de modelos 3D de las esculturas en el aula	4,6 (0,6)
Me gustaría aprender con modelos 3D en otras asignaturas	4,6 (0,5)
Me ha resultado útil disponer de enlaces a modelos 3D en un libro	3,5 (1,3)
Me ha gustado conocer el patrimonio escultórico de Santa Cruz a través de modelos 3D	3,8 (0,9)
Me gustaría tener una impresora 3D en el aula.	4,6 (0,6)

Tabla 2. Resultados cuestionario de satisfacción.

4. CONCLUSIONES

La experiencia llevada a cabo con el repositorio de piezas 3D digital y tangible ha sido altamente valorada por los alumnos.

Con las tecnologías de edición e impresión digital existentes, los docentes pueden disponer de un material educativo replicable que incluye modelos 3D a bajo coste o incluso gratis, con el que facilitar el acceso a contenidos de carácter tridimensional a sus alumnos. Estas tecnologías innovadoras son accesibles y de fácil implantación en la docencia, ofreciendo la posibilidad de introducir nuevos recursos didácticos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, conforme a la tendencia BYOD destacada por el informe Horizon.

Las versiones digitales en 3D ofrecen la posibilidad de disponer de un gran número de modelos a los que los alumnos tienen acceso desde entornos de docencia virtual como aulas virtuales, o en repositorios gratuitos como Dropbox o Google Drive, lo que facilita su implantación en la docencia reglada.

La problemática de las maquetas tradicionales, en ocasiones caras y difíciles de reemplazar, se puede solventar mediante modelos digitales y en el caso de necesitar maquetas tangibles se puede usar una impresora 3D. Según el informe Horizon, el empleo de impresoras 3D ya es una realidad en las aulas, por lo que el uso de modelos tangibles impresos deberá ser cada vez más habitual. La impresión en 3D no supone una gran inversión: en la Tabla 2 se puede observar que el material gastado supone unos céntimos para cada modelo, aunque uno de los factores principales a tener en cuenta es el tiempo. En la misma tabla se muestra que una pieza de aproximadamente diez centímetros tarda entre una y dos horas de impresión. En cuanto a la impresora 3D, los precios de estos equipos son cada vez más bajos y es posible adquirirlos desde 500 euros.

La versatilidad que ofrecen las tecnologías innovadoras de edición e impresión digital hacen que el recurso didáctico descrito en este artículo solo sea un ejemplo que se puede hacer extensivo a otras materias que precisen, en sus procesos de enseñanza y aprendizaje, la representación e interpretación tridimensional.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

5. REFERENCIAS

- Álvarez, F. (2011). Rastrear proyectos, contar historias. *Diagonal*, N° 28, 10-13.
Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/14200>
- Ben-Chaim, D., Lappan, G., & Houang, R. (1988). The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25(1), 51-7. doi:10.3102/00028312025001051
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low cost 3D printing for science, education and sustainable development*. Trieste: ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- Cánovas, G., García-De-Pablo, A., Oliaga-San-Atilano, A., & Aboy-Ferrer, I. (2014). *Menores de edad y conectividad móvil en España: Tablets y Smartphones*. Madrid: Centro de Seguridad en Internet para los Menores en España, PROTEGELES, dependiente del Safer Internet Programme, de la Comisión Europea.
- Caño, A. d., de la Cruz, M., & Solano, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción*, 505, 53-71,.
- Carazo Lefort, E., & Galván Desvaux, N. (2014). Aprendiendo con Maquetas. Pequeñas maquetas para el análisis de arquitectura. *Revista de EGA*, 24.
doi:10.4995/ega.2014.1828
- Carbonell-Carrera, C., Saorín, J.-L., Meier, C., Melián-Díaz, D., & De-la-Torre-Cantero, J. (2016). Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales. *El profesional de la información*, 25(4), 1699-2407.
doi:<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2016.jul.16>
- Carter, G., Patrick, M., Wiebe, E., Park, J., & Butler, S. (2005). Middle grade students' interpretation of topographic maps. *NARST*. Dallas, TX.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1).
doi:10498/9861
- de la Torre Cantero, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Carbonell, C., & Contero, M. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED. Revista de Educación a Distancia*(37).
- de la Torre Cantero, J., Saorín, J., Carbonell, C., de Castillo Cossío, M., & Contero, M. (2012). Modelado 3D como herramienta educativa para el desarrollo de

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

competencias de los nuevos grados de Bellas Artes. *Arte, Individuo y Sociedad*, 24(2), 179-193. doi:10.5209/rev_ARIS.2012.v24.n2.39025

de la Torre-Cantero, J., Saorín, J., Meier, C., Melián Díaz, D., & Alemán, M. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(3), 427-444. doi:http://dx.doi.org/10.5209/rev_ARIS.2015.v27.n3.45864

Instituto de Educación Internacional . (2014). *Annual Report*. USA: Instituto de Educación Internacional.

Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *The NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*. New Media Consortium. Austin, Texas: New Media Consortium.

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

OCDE. (2014). *Panorama de la educación*. Madrid: Ministerio de educación, cultura y deportes.

Rodríguez-Samaniego, C. (2013). La educación artística en la Escuela de Bellas Artes de Barcelona durante el siglo XIX. El caso de la escultura. *Arte, Individuo y Sociedad*, 25(3), 495-508. doi:http://dx.doi.org/10.5209/rev_ARIS.2013.v25.n3.40566

Saorín, J. L., de la Torre-Cantero, J., Melián, D., Meier, C., & Rivero, D. (2015). Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. *Digital Education Review*, (27), 105-121.

Sardà, S., & Márquez, C. (2008). El uso de maquetas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema nervioso. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14(58), 67-76.

UNESCO. (2015). *La Educación para Todos, 2000 - 2015, Logros y Desafíos*. París : UNESCO.

Yi-Chen, C., Hung-Lin, C., & Wei-Han, H. &.-C. (2011). Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267-276. doi:http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000078

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

7.

Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys

PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural.

Latindex
Índice de Impacto
Journal Scholar Metrics
H5=13

Cecile Meier, José Luís Saorín Pérez, Jorge de la Torre-Cantero,
Damari Melián Díaz, Davinia Yanes Hernández.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

19/12/2016 10:05:16

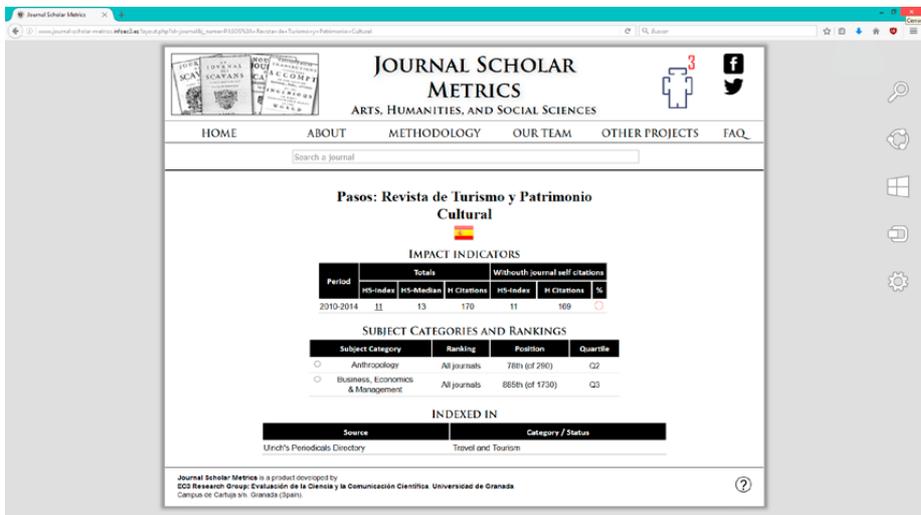
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

13/01/2017 15:36:49

PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural.

Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys

<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de Impacto: Latindex 	<ul style="list-style-type: none"> • Características cumplidas : 35 • Características no cumplidas: 1
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de impacto: Journal Scholar Metrics • Índice de impacto: H5: 13 (periodo 2010-2014) • Posición de publicación: 885 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría: Travel and tourism / Anthropology • Revista dentro del 25%: No • Num. revistas en cat.: 1.730



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jhf
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

Resguardo de la página web de la revista **PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural** que muestra el artículo “Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys” en proceso de revisión

The screenshot shows the PASOS journal website interface. The main content area displays the article title "#1075 Revisión" and the author "Jose Luis Saorin Pérez, Cecile Meier, Jorge de la Torre-Cabrero, Dávina Yanes Armas, Dénari Melán Díaz, Alejandro Borriet de León". The article title is "Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys". The editor is listed as Esther Chávez. The article is in the review stage, with a decision of "Ninguno" (None). The article was last modified on 2016-10-06. The website also features a sidebar with navigation options and a footer with contact information and a Creative Commons license.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: **UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**
En nombre de **CECILE MEIER**

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **JOSE LUIS SAORIN PEREZ**

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de **ERNESTO PEREDA DE PABLO**

13/01/2017 15:36:49

Divulgación del patrimonio escultórico de la ciudad mediante el uso de Paper toys

Jose Luis Saorín Pérez
 Universidad de La Laguna – jlsaorin@ull.edu.es
 Cecile Meier
 Universidad de La Laguna – cecile.eme@hotmail.com
 Jorge de la Torre Cantero
 Universidad de la Laguna- jcantero@ull.edu.es
 Davinia Yanes Armas
 Universidad de La Laguna - daviniayanesarmas@gmail.com
 Dámari Melián Díaz
 Universidad de la Laguna – damarimd@gmail.com
 Alejandro Bonnet de León
 Universidad de La Laguna – alebonle@hotmail.com

Resumen: El patrimonio cultural es una parte importante de la identidad de cada ciudad y dentro del mismo están incluidas las esculturas urbanas. El patrimonio escultórico abarca todo tipo de creaciones o manifestaciones artísticas de carácter tridimensional hechas por el hombre. La mejor manera de conocer el patrimonio de una ciudad es mediante una visita, sin embargo no siempre es factible y en la mayoría de los casos se estudian las obras a través de imágenes. Al estudiar o divulgar las obras a través de recursos planos (imágenes, video) se pierde comprensión de los aspectos tridimensionales de las mismas. Esta carencia, se puede solventar en parte mediante tecnologías de papel como los paper toys o recortables. Los recortables, permiten transformar una lámina bidimensional en un objeto tridimensional que nos acerca a la forma original de la obra. En este artículo, se describe el diseño de recortables mediante tecnologías accesibles y la validación de un libro de paper toys del patrimonio escultórico de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife para su utilización como recurso didáctico y divulgativo. Para validar dicho material se ha realizado una prueba piloto en el instituto CPEIPS Echeide II de Tenerife, donde se ha medido el tiempo de construcción de los paper toys y se ha pasado un cuestionario de satisfacción a los participantes.

Palabras Clave: Divulgación, educación, patrimonio escultórico, escultura urbana, Paper toys, tecnologías accesibles.

Abstract: Cultural heritage is an important part of the identity of each city and therein are included the urban sculptures. The sculptural heritage includes all kinds of artistic or hand made three-dimensional creations. The best way to explore the heritage of a city is by a visit, however it is not always feasible and in most cases works are studied through images. By studying and disseminating the sculptures through flat resources (images, video) the understanding of three-dimensional aspects of them is lost. This deficiency can be overcome in part by paper technologies such as toys or paper cutouts. Cutouts, can transform a two-dimensional sheet in a three-dimensional object that brings us to the original form. This article describes the design of cutouts with accessible technologies and the validation of a book of paper toys of sculptural heritage from the city of Santa Cruz de Tenerife for use as an educational and informative resource. To validate such material has conducted a pilot test in school CPEIPS Echeide II of Tenerife, which has timed construction of the paper toys and the participant satisfaction.

Keywords: Divulcation, education, sculptural heritage, urban sculpture, Paper toys, accessible technologies.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Introducción

El concepto de patrimonio cultural está en permanente construcción a través del tiempo; define aquellos objetos, espacios y tradiciones que se consideran como parte esencial de la cultura de una sociedad y que deben de ser preservados. El patrimonio cultural es una parte importante de la identidad de cada ciudad, abarca arquitectura, arqueología, naturaleza, arte, las costumbres, tradiciones, etc. El conjunto de bienes culturales y naturales, tangibles e inmateriales se transmite a la siguiente generación con el propósito de conservar el patrimonio (DeCarli, 2006).

El Patrimonio Tangible puede ser mueble (objetos) o inmueble (arquitectura) y se constituye por bienes que tienen sustancia física y pueden ser conservados y restaurados por algún tipo de intervención (DeCarli 2008). Los bienes muebles del patrimonio cultural son los productos materiales de la cultura, son expresiones o testimonios de la creación humana que tienen un valor arqueológico, histórico, artístico, científico o técnico como por ejemplo pinturas, esculturas, libros, maquinaria y objetos rituales, entre otros.

Por lo tanto, una parte del patrimonio cultural tangible y mueble de una ciudad son las esculturas urbanas. El patrimonio escultórico abarca todo tipo de creaciones o manifestaciones artísticas de carácter tridimensional hechas por el hombre (ILAM, 2016). Las esculturas pueden ser privadas o públicas, estar en un museo, en instituciones, jardines o en la calle. Se conoce como escultura urbana a toda pieza ubicada en un espacio público como una rotonda, plaza, avenida, paseo, parque, etc. (Majluf, 1994). Históricamente la escultura urbana era de carácter religiosa o conmemorativa de función simbólica y representacional, constituida básicamente por la estatua sobre un pedestal arquitectónico asociada a victorias bélicas o personajes políticos. Sin embargo desde las vanguardias se realizan y ubican la mayoría de las piezas escultóricas con el propósito de embellecer de forma artística diversos entornos urbanos (Baudino, 2008). Habitualmente la escultura pública o urbana no tiene demasiada uniformidad y aparecen obras y lenguajes artísticos muy variados. En un mismo espacio público conviven obras de estéticas y épocas diferentes e incluso con fuertes contrastes entre ellas, creando una convivencia entre lo tradicional y moderno (Tanner & Voionmaa, 2005).

Las esculturas urbanas se encuentran en casi todas las ciudades del mundo, forman parte de la identidad, elevan el prestigio y contribuyen a enriquecer el espacio (Tresserras, 2004). Pueden llegar a convertirse en fuente de atracción publicitaria o turística y en algunos casos se convierten en el símbolo de una ciudad, como por ejemplo la Sirenita de Copenhague el Manneken Pis de Bruselas, el Toro de Wall Street NY, el Dragón del Parque Güell de Barcelona, el oso y el madroño de Madrid, la araña del Guggenheim de Bilbao, etc.

Algunos conjuntos de esculturas se ubican en parques y jardines de esculturas (Harper & Moyer, 2008), como por ejemplo en el Storm King Arts Center de Mountainville de Nueva York, el Macquarie University Sculpture Park de Sydney, el Hakone Open-Air Museum en Japón o el Ekebergparken Sculpture Park en Oslo, etc. Estos parques o jardines de esculturas se denominan museos al aire libre, ya que hay que acceder a un espacio determinado para visualizar dichas esculturas.

Por otro lado, existen conjuntos escultóricos al aire libre en las ciudades, consideradas esculturas urbanas o públicas (DeLecea, 2004), que son totalmente accesibles (Fernández, 2012). Algunos conjuntos forman parte de exposiciones organizadas o de rutas turística diseñadas para visitar y conocer la ciudad. Las esculturas urbanas ubicadas en lugares públicos son las obras artísticas tridimensionales más accesibles para la población.

Divulgación del patrimonio

La difusión del patrimonio escultórico de una ciudad tiene un interés de promoción turística y educacional. Desde 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO, 2006) destaca la importancia de incrementar el respeto y el aprecio del patrimonio cultural mediante la educación. También la Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (Eurydice, 2009) determina que la comprensión del patrimonio cultural y, por lo tanto el escultórico, debe ser un objetivo dentro de la educación. En el currículo educativo se incluye el estudio de la cultura contemporánea, que contiene, dentro de los objetivos

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

principales en secundaria, conocer, valorar y respetar el patrimonio artístico y cultural (BOE, 2015). La enseñanza del patrimonio escultórico se trata principalmente desde la historia del arte y las Ciencias Sociales (Giménez, Ruiz, & Fernández, 2007; Fontal, 2003), tradicionalmente se realiza mediante imágenes, videos, internet o, en el mejor de los casos, mediante una visita directa al patrimonio de una ciudad o a museos (Melgar & Donolo, 2011). Sin embargo las visitas no siempre son factibles porque implican desplazamientos.

Las ciudades que disponen de conjuntos escultóricos al aire libre, suelen realizar diferentes materiales para su difusión y estudio. Estos recursos pueden ser libros, figuras, postales, páginas web, etc. los materiales de divulgación en la mayoría de los casos están diseñados principalmente como reclamos turísticos y en menor medida como recurso educativo.

Debido a que las esculturas son objetos tridimensionales, al divulgarlas a través de un recurso plano como las imágenes, se pierde información y limita la comprensión de las obras (Clement, Rea-Ramirez, Clement, & Núñez-Oviedo, 2008; Chamizo, 2010). Una de las maneras más económicas y que reproduce la tridimensionalidad de las esculturas, consiste en la realización de figuras recortables y construibles en tres dimensiones, denominados paper toys. Los recortables son de carácter lúdico pero a su vez educativo, coleccionables, de fácil distribución y manufactura. Se convierten en objetos más allá del mero souvenir, que invitan a la construcción, la interacción y la diversión.

No todas las ciudades han creado ese tipo de materiales basados en tecnologías de papel, sin embargo actualmente las técnicas para el diseño y creación de las mismas se ha abaratado y simplificado considerablemente. En este artículo se describe el proceso de creación de paper toys partiendo de modelos digitales tridimensionales utilizando tecnologías gratuitas y sencillas de usar.

Para explicar dicho proceso se utiliza como ejemplo la I Exposición Internacional de Escultura en la Calle de Santa Cruz de Tenerife (Canarias) que se celebró entre diciembre de 1973 y enero de 1974. Fue un evento cultural con la idea de realizar un espacio museístico rompiendo con la idea de la tradicional escultura conmemorativa. En la exposición participaron un total de cuarenta y tres escultores de la talla de Joan Miró, Henry Moore, Óscar Domínguez, Martín Chirino o Josep María Subirachs. Actualmente treinta de las obras se encuentran distribuidas principalmente por el Parque García Sanabria y la Rambla de Santa Cruz. El conjunto de esculturas presente en la ciudad a día de hoy constituye un museo abierto de esculturas urbanas de gran valor (Fig. 1).



Figura 1: Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. A) Sin título de Feliciano Hernández, B) Hombre de María Simón, C) Macla de Eduardo Gregorio, D) Laberinto de Gustavo Torner, E) Homenaje a las Islas Canarias de Pablo Serrano. Fuente: Wikimedia Commons

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

El ayuntamiento y el Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias (organizadores de la exposición en 1973) han realizado algunos recursos para la divulgación de las esculturas. Recogen las esculturas como una de las ofertas culturales más importantes de la ciudad junto a los museos y disponen de una información amplia en sus páginas web oficiales (Tenerife, 2016; Canarias, 2016). También se editaron algunos catálogos o folletos (Santa Cruz) con la ubicación, nombre y autores de las esculturas. Así mismo, prácticamente todas las guías y webs turísticas incluyen la llamada ruta de las esculturas como uno de los atractivos culturales de la ciudad. También existe el Centro de Interpretación de la I Exposición de Esculturas en la Calle ubicado en el Parque García Sanabria que funciona como centro para la divulgación turística y educativa de las obras. Tanto este centro como casi todos los recursos están enfocados principalmente al turista cultural (Fernández & Ramos, 2010). Los recursos, sobre las esculturas de la ciudad, específicamente diseñado para educación, son escasos o elaborados por los propios profesores.

Antecedentes

Tecnologías para la creación de paper toys

El término recortables o paper toys, se aplica generalmente al dibujo impreso en papel o cartulina, que al ser recortado y montado se convierte en un juguete. La historia de los recortables está ligada a la propia historia cultural de una sociedad. Estos juguetes de papel han formado parte del universo infantil desde el siglo XVIII, siendo un entretenimiento asequible y didáctico, además de un testimonio documental y social de la época en que fueron impresos (RedItiner, 2014). Tradicionalmente se imprimían láminas en las que se reproducían edificios históricos, medios de transporte, animales, muñecos, etc. Los primeros recortables aparecen en Europa en el siglo XVIII. Pero es en 1840, con la aparición de la litografía en color, cuando experimentan su mayor desarrollo y difusión.

Actualmente la creación de paper toys se incluye dentro de las denominadas tecnologías de papel o paper engineering. Dichas tecnologías, hacen referencia al conjunto de conocimientos y técnicas para el diseño con papel, principalmente a través de sus posibilidades de plegado y corte, dotándolo de tridimensionalidad (Katayose & Usami, 2000; Whitney, Sreetharan, Ma, & Wood, 2011). El diseño de un paper toy, tradicionalmente ha sido una labor reservada a expertos, ya que se necesita crear una plantilla bidimensional de un objeto tridimensional. Sin embargo, actualmente existen tecnologías (algunas de ellas gratuitas) que facilitan este proceso y permiten crear de manera automática un paper toy (Figueiredo & Gonçalves, 2014).

Estas tecnologías, es decir programas para ordenador, funcionan de la siguiente manera, primero se necesita un modelo tridimensional digital, y el programa ayuda a crear una plantilla plana de ese modelo 3D. Las plantillas se pueden imprimir y volver a construir en 3D mediante tijeras y pegamentos. Muchos de estos programas están reservados para expertos y necesitan de conocimientos avanzados de mallas 3D, pero en general tienden a facilitar o posibilitar un proceso que es muy complejo realizar a mano (Mitani & Suzuki, 2004; Shatz, Tal, & Leifman, 2006; Massarwi, Gotsman, & Elber, 2007). Para el trabajo realizado y descrito en este artículo se han seleccionado los programas gratuitos y más sencillos que existen actualmente.

Los paper toys para divulgación del patrimonio

El uso del papel ha estado siempre presente en contextos educativos por su bajo coste y fácil manipulación, donde aparece no solo como soporte de actividades sino como material protagonista (Aznar Mínguez, 2011). Los paper toys se conocen ya como un valioso recurso para el ámbito educativo y como juguete didáctico, no solo por lo interesante del proceso de diseño y de montaje, sino también por su carácter lúdico e informativo.

Una muestra temprana de Papertoys en España es la propuesta llevada a cabo por Antonio de Lara en los años 1933-1934 para la revista Crónica: se trata de una serie de recortables y plegables de animales coleccionables llamado el arca de Noé (Ivam, 2004). Actualmente, están surgiendo talleres y material didáctico que hacen de

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

estos juguetes de papel un recurso motivador de experiencias educativas, En la web, se pueden encontrar muchas plantillas de paper toys gratuitos y descargables para su impresión (Papertoys, 2015). Algunos de ellos tienen un carácter más educativo al representar edificios o personajes históricos, otros son simplemente decorativos o lúdicos (Sin & Ali, 2015).

En algunas páginas de manualidades como por ejemplo manualidadesaraudales se pueden encontrar modelos de papel de patrimonio arquitectónico en este caso, por ejemplo, las pirámides de Niza, la torre Eiffel de París o la ópera de Sidney que se pueden desgargar gratuitamente (Manualidadesaraudales, 2015). Otro proyecto para divulgar la arquitectura mediante paper toys, creado en 2013 por un grupo de arquitectos se llama Cortaypega, pretende acercar algunos de los más importantes edificios del siglo XX, mediante el recortable en papel a través de una forma lúdica y educativa, (CortayPega, 2015) sin embargo estos recursos no son gratuitos.

Es poco frecuente encontrar recursos educativos sobre el patrimonio de una ciudad en particular, como en este caso el patrimonio escultórico de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife y es menos frecuente todavía, encontrar paper toys diseñados sobre un patrimonio específico. En este artículo se explicarán pautas para que cualquier docente o persona interesada pueda desarrollar paper toys sobre el patrimonio de su ciudad.

Proceso de diseño de paper toys con recursos digitales

En este artículo se describe la posibilidad de diseñar un paper toy de nuestra elección. Nos centramos en la creación de paper toys sencillos con programas gratuitos y fáciles de aprender para una persona que tenga un mínimo de conocimiento informático. El diseño de un paper toy con los medios digitales que se describen a continuación, constituye un proceso que consta de tres fases. La primera consiste en obtener un modelo tridimensional digital, la segunda en desplegar ese modelo 3D para crear una plantilla plana y por último la posproducción para añadir detalles y color. Para explicar cada una de las fases se ha elegido como ejemplo la escultura Monumento al Gato del artista español Óscar Domínguez. Dicha escultura es parte de la I Exposición Internacional de esculturas en la calle en Santa Cruz de Tenerife entre 1973 y 1974, y que actualmente sigue ubicada en el Parque García Sanabria de la ciudad.

FASE I: Modelado 3D

La obtención de un modelo tridimensional constituye el primer paso para diseñar un Paper Toy. El modelo tridimensional ha de ser sencillo, procurándose la máxima simplificación de las caras que lo conforman. De esta manera la operación de desplegar resultará más satisfactoria. Cabe señalar que hay repositorios online de modelos tridimensionales a los que se puede recurrir (techblog, 2015). Existen diversos programas de modelado 3D, gratuitos y de fácil aprendizaje, con los que obtener la figura base como por ejemplo de Tinkercad, 123D Design o Blender. En entornos educativos resulta habitual emplear SketchUp. Este programa, es el que se ha usado para crear el siguiente modelo 3D de la escultura seleccionada para el ejemplo (Fig. 2).

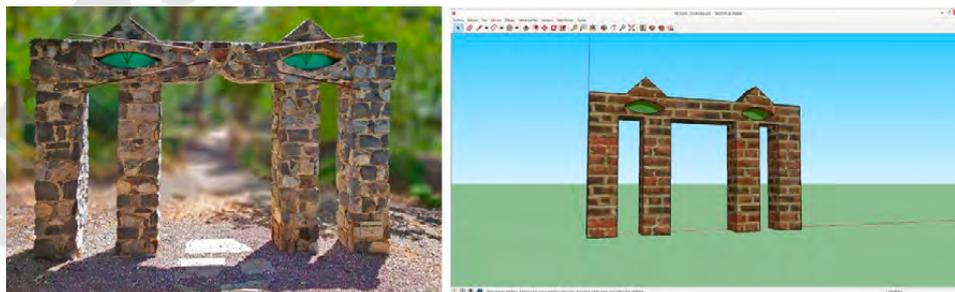


Figura 2: Escultura original y Modelo 3D realizado con SkechUp Make

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

FASE II: Despliegado digital

En esta etapa se transforma el anterior modelo tridimensional en una plantilla bidimensional. Este paso es fundamental y el más característico en el diseño de un Paper Toy. Para ella existen varias aplicaciones gratuitas, como por ejemplo 123D Make, Pepakura Designer o plugins para SketchUp (entre ellos está Unwrap and Flatten Faces).

123D Make es una aplicación gratuita de Autodesk que permite, a partir de un modelo 3D previo, obtener plantillas para construir las figuras mediante papel o cartón. Una de las opciones del programa es la de paneles plegados (folded panels), correspondiente al tradicional recortable. Permite, por lo tanto, obtener el recortable de forma automática y el grafismo es adecuado con líneas continuas y discontinuas para recortar y plegar. Si el modelo 3D es complejo, el recortable resultante también lo es, con multitud de piezas que harían difícil el montaje. Su dificultad de uso es baja y está indicado para profesores y alumnos sin conocimientos previos.

Pepakura Designer es un programa que permite obtener de manera automática el patrón 2D a partir de un modelo 3D diseñado con cualquier programa de modelado tridimensional. Su dificultad de uso se puede considerar baja y es indicado para profesores, alumnos y usuarios sin conocimientos previos. Es uno de los programas más potente actualmente para la creación de paper toys que dispone de versión gratuita, aunque ésta solo permite imprimir el resultado y no llevarlo a otros programas. Cuánto más detallado sea el modelo inicial, más complejo será el modelo a recortar.

El software de diseño 3D, SketchUp admite la instalación de diferentes complementos gratuitos, que aumentan sus funcionalidades. Entre ellos, se encuentra Unwrap and Flatten Faces que permite ubicar las caras seleccionadas en el suelo (Fig. 3). Este programa no realiza la plantilla de manera automática, sino que es necesario desplegar poco a poco caras conectadas para conseguir la plantilla final. Además es necesario dibujar las pestañas de unión para construir el modelo posteriormente en papel. Sin embargo permite crear un modelo personalizado y desplegarlo a nuestro gusto. Su dificultad de uso se puede considerar media y es indicado para usuarios con conocimientos de Sketchup.

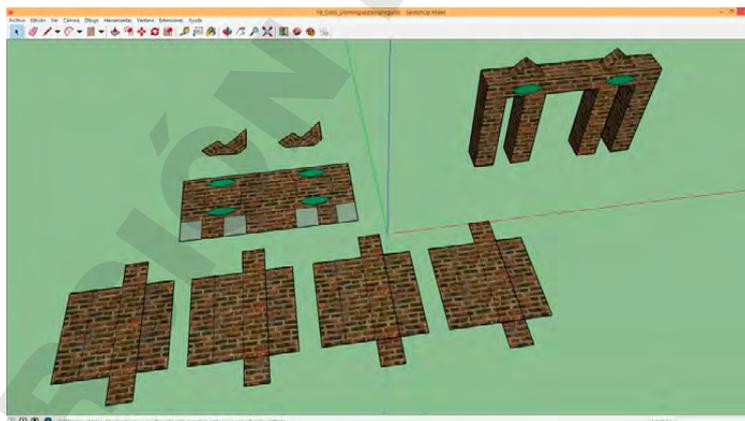


Figura 3: Ejemplo de Unwrap and Flatten Faces de Sketchup

FASE III: Posproducción

Una vez obtenida la plantilla 2D se inicia la posproducción para personalizar el recortable con cualquier programas de diseño gráfico (Photoshop, Illustrator, Gimp, Inkscape...). En esta fase se añaden los elementos gráficos de acabado como el color, imágenes que simulen texturas, etc. Aunque también se puede producir las plantillas sin color y de esta manera ofrecer la posibilidad de colorear los modelos. Dependiendo de la aplicación utilizada en la fase anterior de despliegado digital, la posproducción incluirá más o menos pasos.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Materiales y métodos

En este trabajo, se ha creado un total de 12 paper toys de esculturas ubicadas en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. Las plantillas de estos recortables se han agrupado en formato de libro para su divulgación, donde a cada uno de los paper toys se ha añadido una ficha informativa que incluye una descripción, las características básicas de la escultura y una imagen de la misma resumidas en un lateral a modo de ficha. (Fig. 4). Este libro está diseñado como un complemento para la divulgación, estudio y enseñanza del patrimonio escultórico de la ciudad. Las esculturas seleccionadas se prestan fácilmente para crear paper toys, ya que la geometría de la mayoría es sencilla. A pesar de esto, en muchos casos se ha simplificado el modelo para facilitar su construcción.

El libro está disponible para su descarga en el siguiente enlace: <https://goo.gl/kgymY>.

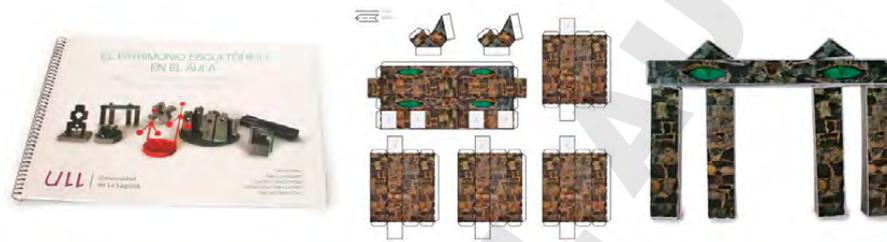


Figura 4: Libro de Paper Toys y modelo final

Para validar el material realizado se realizó el taller de construcción de los papertoys “Descubre el patrimonio escultórico de Santa Cruz” (Fig. 5) en el instituto CPEIPS Echeyde II, situado en Geneto, San Cristóbal de La Laguna (Tenerife), como parte de la asignatura de Educación Plástica y Visual en 3º E.S.O. Se realiza con un total de 27 participantes.



Figura 5: Taller “Descubre el patrimonio escultórico de Santa Cruz”

Se trata de una actividad que se realiza por parejas y que se lleva a cabo en dos sesiones. Las parejas se seleccionan al azar y por lo tanto algunas de ellas tienen mayor habilidad manual que otras. Se les ofrece las láminas de los paper toys para que cada grupo seleccione voluntariamente la que desea realizar. Existen varias copias de cada lámina para que diferentes grupos puedan realizar la misma escultura a la vez.

Cada una de las sesiones tiene una duración de 55 minutos y cada grupo construye el número de paper toys que le dé tiempo en las dos sesiones. Al final de la segunda sesión los alumnos rellenan un cuestionario. Dicho

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

cuestionario, con un total de 5 preguntas, se valora de acuerdo con la escala Likert del 1 al 5, donde el 1 es nada de acuerdo y el 5 representa totalmente de acuerdo. Las preguntas están orientadas a la evaluación de la fase de montaje del paper toy, así como a una valoración global de la actividad en relación a la satisfacción del alumno. Se medirá la fiabilidad del cuestionario mediante el cálculo del Alfa de Cronbach.

Resultados

En la siguiente tabla podemos observar el tiempo medio que tardaron los grupos de alumnos en terminar las esculturas. Algunas esculturas no se llegaron a hacer ya que los alumnos tenían libertad de elección de las plantillas y no fueron elegidas. En cambio otros modelos fueron realizados varias veces por diferentes grupos.

El tiempo empleado para cada escultura y la finalización de la misma en las horas de clase propuestas depende de la habilidad de cada grupo de estudiantes.

Escultura	Acabada	Total acabados	Tiempo medio
Femme Bouitelle (Joan Miró)	no	0	-
Introversión (Josep María Subirachs)	sí	2	30 minutos
Macla (Eduardo Gregorio)	sí	3	38 minutos
Monumento al Gato (Óscar Domínguez)	sí	2	37 minutos
Hombre (María Simón)	sí	1	40 minutos
Sin Título (Feliciano Hernández)	no	0	-
Móvil (Francisco Sobrino)	no	0	-
Homenaje a Millares (Claude Viseux)	sí	2	35 minutos
Homenaje a las Islas Canarias (Pablo Serrano)	sí	1	50 minutos
Dado para 13 (Remigio Mendiburu)	sí	2	87 minutos

De las respuestas de los cuestionarios se obtuvo los siguientes resultados de media, y al calcular el Alfa de Cronbach y se obtiene un valor de 0,68 que permite considerar aceptable la fiabilidad del cuestionario.

	Preguntas	Resultado
1	Construir paper toys de esculturas es un recurso interesante para conocer el patrimonio escultórico.	3,78
2	Es interesante poder disponer de las fichas informativas recortables de las esculturas.	3,00
3	Construir paper toys es una actividad interesante para entender mejor la tridimensionalidad de las esculturas.	4,41
4	Me gustaría realizar más actividades como ésta en la asignatura.	4,74
5	La construcción del paper toy ha sido fácil.	3,48

Conclusiones y futuros trabajos

El uso de paper toys, es un recurso barato y accesible que permite a los alumnos construir y visualizar las esculturas en tres dimensiones sin necesidad de desplazarse fuera del aula y de esta manera apreciar la tridimensionalidad de una obra mejor que cuando sólo disponen de una imagen plana. El tiempo medio que han tardado los estudiantes en construir los diferentes modelos oscila entre media hora y una hora y media. Es importante señalar que dicho valor es sólo orientativo ya que el resultado depende en gran medida de la habilidad de los participantes.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Por lo tanto, los modelos de paper toys del patrimonio son un recurso factible para la divulgación del patrimonio escultórico de una ciudad. Los paper toys en sí, son un entretenimiento lúdico, por lo que su construcción en el aula puede ser una actividad motivadora para los estudiantes. También constituyen un valioso recurso en la divulgación fuera del entorno educativo, ya que el plegado, la construcción y la colección de los paper toys, es apreciada por muchas personas.

En este trabajo, se ha comprobado, que la creación de paper toys personalizados del patrimonio de cualquier ciudad es posible mediante programas gratuitos y sencillos de utilizar, adecuados para entornos educativos. En los cuestionarios de satisfacción rellenados por los alumnos después de realizar el taller se han obtenido los siguientes resultados:

A los participantes, la construcción de paper toys, les parece un recurso interesante para conocer el patrimonio escultórico (3,78 / 5). También consideran la construcción de paper toys una actividad interesante para conocer la tridimensionalidad de las esculturas (4,41 / 5). En menor medida, les interesa disponer de las fichas informativas de las esculturas (3,00 / 5). Los participantes valoran positivamente las experiencias educativas con el empleo de paper toys como recurso didáctico y muestran un gran interés en realizar actividades parecidas en la asignatura de Educación Plástica y Visual (4.74/5).

Para cumplir el objetivo de divulgación, hay que procurar que los paper toys no sean muy difíciles de construir. En la experiencia detallada 3 esculturas no se pudieron terminar por dificultad y falta de tiempo. No obstante lo anterior, los participantes consideran que la construcción del paper toy ha sido fácil (3,48 / 5).

El primer taller de construcción de paper toys tuvo una buena acogida entre los alumnos y les pareció una actividad interesante. Como continuación de este trabajo se pretende valorar el aprendizaje sobre el patrimonio de la ciudad que se produce durante la realización de este tipo de actividades.

Bibliografía

- Aznar Mínguez, A. (2011). El plegado en papel como herramienta de apoyo en la enseñanza artística. *Revista Iberoamericana de Educación*, 57 (1).
- Baudino, L. (2008). Una aproximación al concepto de arte público1. *Boletín Gestión Cultural Nº16: Arte público. ISSN, 1697, 073X*.
- BOE. (2015). *Boletín Oficial del Estado, Disposiciones generales*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- Canarias, C. o. (16 de enero de 2016). *Esculturas en la Calle*. Obtenido de I edición: http://www.coactfe.org/ncm/COACTFE/published_coac/DEFAULT/s_cultura_esculturascale.html
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1).
- Clement, J., Rea-Ramirez, M., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. (2008). *Model based learning and instruction in science*. Dordrecht: Springer.
- CortayPega. (22 de Diciembre de 2015). *Corta y Pega*. Obtenido de <http://cortaypega.es/>
- DeCarli, G. (2006). *Un Museo Sostenible. Museo y Comunidad en la Preservación Activa de su Patrimonio*. Costarica: UNESCO.
- DeCarli, G. (2008). Innovación en museos, museo y comunidad en la oferta al turismo cultural. *Rotur revista de ocio y turismo*, (1), 87-101.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

- DeLecea, I. (2004). Arte público, ciudad y memoria. *On the w@terfront*, (5), 5-17.
- Eurydice, E. (2009). *Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo*. Bruselas: Secretaría General Técnica.
- Fernández, G., & Ramos, A. (2010). El patrimonio cultural como oferta complementaria al turismo de sol y playa. El caso del sudeste Bonaerense. Argentina. Pasos: Revista de turismo y patrimonio cultural, 8(1), 139-149.
- Fernández, M. D. (2012). Museo de Arte Público versus Madrid Abierto. *Arte y Ciudad*, (2), 139-154.
- Figueiredo, B., & Gonçalves, C. (2014). Pepakura e Educação Patrimonial: Construção de Modelos de Edificações Históricas da Cidade de Salvador. *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom* (págs. 1(8), 471-474.). São Paulo: Blucher.
- Fontal, O. (2003). *La educación patrimonial. Teoría y práctica*. Gijón: Trea.
- Giménez, J., Ruiz, R., & Fernández, R. (2007). Concepciones sobre la enseñanza y difusión del patrimonio en las instituciones educativas y los centros de interpretación: estudio descriptivo. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, (6), 75-94.
- Harper, G., & Moyer, T. (2008). *Landscapes for art: Contemporary sculpture parks*. Isc Press.
- ILAM, F. (15 de enero de 2016). *Fundación ILAM*. Obtenido de Tu conexión al patrimonio latinoamericano: <http://www.ilam.org/index.php/es/talleres/materiales-apoyo/143-talleres-ilam/materiales-apoyo/288-patrimonio-definiciones>
- Ivam. (2004). *Los Talleres Didácticos del Ivam 1998-2005*. Valencia: Instituto Valenciano de Arte Moderno.
- Katayose, S., & Usami, R. (2000). *Patente n° U.S. Patent No. 6,136,400*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Majluf, N. (1994). *Escultura y espacio público*. Lima: IEP Ediciones.
- Manualidadesaraudales. (13 de diciembre de 2015). *Manualidades a Raudales*. Obtenido de Papercraft recortables y recursos educativos: <http://www.manualidadesaraudales.com/descargas/edificios-famosos/>
- Massarwi, F., Gotsman, C., & Elber, G. (2007). Papercraft models using generalized cylinders. *Computer Graphics and Applications, 15th Pacific Conference* (págs. pp. 148-157). IEEE.
- Melgar, M., & Donolo, D. (2011). Salir del aula... Aprender de otros contextos: Patrimonio natural, museos e internet. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8.
- Mitani, J., & Suzuki, H. (2004). Making papercraft toys from meshes using strip-based approximate unfolding. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol. 23, No. 3, pp. 259-263.
- Papertoys. (15 de diciembre de 2015). *Papertoys*. Obtenido de Papertoys.com: <http://www.papertoys.com/>
- RedItiner. (2014). *Recortables: sueños de papel, Hojas didácticas*. Madrid: Subdirección General de Museos COMUNIDAD DE MADRID ed: RedItiner.
- Santa Cruz, A. d. (s.f.). *I y II Exposición Internacional de Escultura en la Calle*. Recuperado el 18 de enero de 2016, de http://www.santacruzdetenerife.es/fileadmin/user_upload/Archivos_para_descargar/Cultura/Guiamuestra.pdf

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

- Shatz, I., Tal, A., & Leifman, G. (2006). Paper craft models from meshes. *The Visual Computer*, 22(9-11), 825-834.
- SIN, N., & ALL, Z. (2015). PAPER TOY AS A MODERN STORYTELLING AID AMONG CHILDREN (EDUCATION). *Jurnal Teknologi*, 75(3).
- Tanner, L., & Voionmaa, L. (2005). *Escultura pública: del monumento conmemorativo a la escultura urbana. Santiago 1792-2004* (Vol. 1): Ocho Libros Editores.
- techblog. (16 de diciembre de 2015). *Techblog Tendencias tecnológicas*. Obtenido de Los 20 mejores sitios donde descargar modelos para impresoras 3D gratis: <http://www.techblog.es/2015/06/20-sitios-descargar-modelos-impresoras-3d-gratis/>
- Tenerife, A. S. (16 de enero de 2016). *Ayuntamiento Santa Cruz de Tenerife*. Obtenido de Espacios Culturales, Esculturas: <http://www.santacruzdetenerife.es/santa-cruz/espacios-culturales/esculturas/>
- Tresserras, J. J. (2004). La tematización cultural de las ciudades como estrategia de desarrollo a través del turismo. *Portal Iberoamericano de Gestión Cultural*.
- UNESCO. (2006). Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972. *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972* (pág. 245). Francia: UNESCO.
- Whitney, J., Sreetharan, P., Ma, K., & Wood, R. (2011). Pop-up book MEMS. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 21(11), 115021.

VERSIÓN DEL AUTOR

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

8.

3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education.

IJADE. International Journal of Art and Design Education.

Indice de Impacto (2015)
WOS; JCR = 0,263.

Jose Luis Saorín, Cecile Meier, Jorge de la Torre Cantero, Damari Melián Díaz, Drago Díaz Alemán.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

13/01/2017 15:36:49

8.

IJADE. International Journal of Art and Design Education.

3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education

<ul style="list-style-type: none"> Fuente de impacto: WOS (JCR) <ul style="list-style-type: none"> Índice de impacto: 0,263 Posición de publicación: 215 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría: Education & educational research <ul style="list-style-type: none"> Revista dentro del 25%: No Num. revistas en cat.: 231
<ul style="list-style-type: none"> Fuente de impacto: SCOPUS (SJR) <ul style="list-style-type: none"> Índice de impacto: 0,182 Posición de publicación: 51 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría: Visual Arts and performing arts <ul style="list-style-type: none"> Revista dentro del 25%: Si Num. revistas en cat.: 359

ISI Web of Knowledge™

Journal Citation Reports®

WELCOME HELP RETURN TO JCR LIST

2015 JCR Social Science Edition

Journal: INTERNATIONAL JOURNAL OF ART & DESIGN EDUCATION

Mark	Journal Title	ISSN	Total Cites	Impact Factor	5-Year Impact Factor	Immediacy Index	Citable Items	Cited Half-life	Citing Half-life
<input type="checkbox"/>	INT J ART DES EDUC	1476-8062	118	0.263	0.415	0.800	29	6.0	>13.0

Cited Journal Citing Journal Source Data Journal Self Cites

CITED JOURNAL DATA CITING JOURNAL DATA IMPACT FACTOR TRENDS RELATED JOURNALS

Journal Information

Full Journal Title: INTERNATIONAL JOURNAL OF ART & DESIGN EDUCATION
 ISO Abbrev. Title: Int. J. Art Des. Educ.
 JCR Abbrev. Title: INT J ART DES EDUC
 ISSN: 1476-8062
 Issues/Year: 3
 Language: ENGLISH
 Journal Country/Territory: ENGLAND
 Publisher: WILEY-BLACKWELL
 Publisher Address: 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ,
 Subject Categories: EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH

Eigenfactor® Metrics
 Eigenfactor® Score: 0.0023
 Article Influence® Score: 0.093

Journal Rank in Categories: JOURNAL RANKING

Journal Impact Factor

Cites in 2015 to items published in: 2014 = 4 Number of items published in: 2014 = 29
 2013 = 11 2013 = 28
 Sum: 15 Sum: 57

Calculation: $\frac{\text{Cites to recent items}}{\text{Number of recent items}} = \frac{15}{57} = 0.263$

ISI Web of Knowledge™

Journal Citation Reports®

WELCOME HELP RETURN TO JOURNAL

2015 JCR Social Science Edition

Rank in Category: INTERNATIONAL JOURNAL OF ART & DESIGN EDUCATION

Journal Ranking

For 2015, the journal INTERNATIONAL JOURNAL OF ART & DESIGN EDUCATION has an Impact Factor of 0.263.

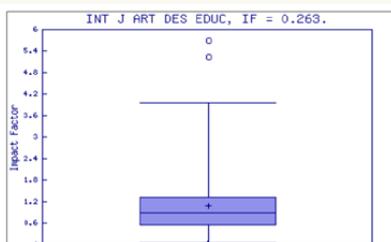
This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH	231	215	Q4

Category Box Plot

For 2015, the journal INTERNATIONAL JOURNAL OF ART & DESIGN EDUCATION has an Impact Factor of 0.263.

This is a box plot of the subject category or categories to which the journal has been assigned. It provides information about the distribution of journals based on Impact Factor values. It shows median, 25th and 75th percentiles, and the extreme values of the distribution.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Submission Confirmation

Thank you for your submission

Submitted to The International Journal of Art & Design Education

Manuscript ID IJADE-Nov-16-143

Title 3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education

Authors Díaz, Manuel
Meier, Cecile
Saorin, Jose
Carbonell Carrera, Carlos
de la Torre-Cantero, Jorge

Date Submitted 14-Nov-2016

Author D

SCHOLARONE™



© Thomson Reuters | © ScholarOne, Inc., 2016. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

<https://mc.manuscriptcentral.com/jade>

Página 1 de 2

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

The International Journal of Art & Design Education



3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education

Journal:	<i>The International Journal of Art & Design Education</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keywords:	Sculptural heritage, replicas, digital models, 3D printing, spatial comprehension
Abstract:	The visualization of three-dimensional objects in tactile devices and the possibility of digital manufacturing with 3D printers, offers an opportunity to include replicas of structures in teaching and to thus facilitate the spatial comprehension of the sculptural heritage. This spatial comprehension features as a skill to acquire in the curricula for university Degrees in the field of Art & Design, which makes reference to the spatial capacities and the use of technologies for visual interpretation. Among these skills are included the acquisition of graphic and spatial skills, the capacity to use techniques of 3D representation, the capacity to work with 2D and 3D graphic interfaces. In this research, an experiment was carried out in which fifteen students of High School (11th Grade) worked in a traditional 2D environment and in a three-dimensional environment with Santa Cruz de Tenerife sculptural heritage replicas in digital and tangible versions. In both cases, the 3D interpretation of the sculptures is evaluated with a three-dimensional viewing test so as to verify whether the 3D material used does indeed facilitate spatial comprehension. The results show a greater acquisition of spatial skills using 3D representations (digital and tangible) in the three ambits analysed: volumetry, modularity and orthogonal views.

SCHOLARONE™
Manuscripts

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

3D Technologies for improvement of spatial comprehension in Art & Design Education.

Abstract

The visualization of three-dimensional objects in tactile devices and the possibility of digital manufacturing with 3D printers, offers an opportunity to include replicas of structures in teaching and to thus facilitate the spatial comprehension of the sculptural heritage. This spatial comprehension features as a skill to acquire in the curricula for university Degrees in the field of Art & Design, which makes reference to the spatial capacities and the use of technologies for visual interpretation. Among these skills are included the acquisition of graphic and spatial skills, the capacity to use techniques of 3D representation, the capacity to work with 2D and 3D graphic interfaces. In this research, an experiment was carried out in which fifteen students of *High School* (11th Grade) worked in a traditional 2D environment and in a three-dimensional environment with Santa Cruz de Tenerife sculptural heritage replicas in digital and tangible versions. In both cases, the 3D interpretation of the sculptures is evaluated with a three-dimensional viewing test so as to verify whether the 3D material used does indeed facilitate spatial comprehension. The results show a greater acquisition of spatial skills using 3D representations (digital and tangible) in the three ambits analysed: volumetry, modularity and orthogonal views.

Keywords

Sculptural heritage, replicas, digital models, 3D printing, spatial comprehension

Introduction

Different international organisations emphasise the importance of including artistic heritage in teaching environments. UNESCO, at its General Conference for Education, Science and Culture, indicated the need to increase the presence of artistic heritage in education (UNESCO, 2006). In the European setting, the Educational, Audiovisual and Culture Executive Agency (Eurydice, 2009) analysed Artistic and Cultural Education and indicated the understanding of Heritage as a common objective of artistic education. The Council of Europe, in the Framework Agreement on the value of cultural heritage for society, promoted the knowledge and comprehension of common European cultural heritage and recommended including heritage at all educational levels (Council of Europe, 2005).

Cultural heritage includes architectural, artistic, archaeological works, and groupings that have a universal value from the point of view of history, art and science. Sculptural heritage is a significant part of artistic heritage. For the teaching of sculpture, design, artistic drawing and volume, visits to museums and the use of replicas of sculptures and architectural elements are used. This means having large classrooms with storage space for the replicas, which may present difficulties of mobility, deterioration or breakage.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

On the other hand, the offer of replicas or 3D objects covers only the most requested objects, with the result that it is difficult to get reproductions of local works of art that the student can get to know in their geographical ambit. This fact means that teaching remains, in many cases, limited to the use of bi-dimensional educational resources (images, videos, plans, sketches, etc.). The limits of access to replicas are especially clear in online education.

In order to solve these problems, the reduction in the price of digital manufacturing technologies such as 3D printers makes the inclusion of tangible learning objects (replicas, in the case of Art & Design) more and more viable in the practice of teaching. On the other hand, the use of 3D digital models constitutes an alternative to the physical models as they are easily accessible from a Smartphone, tablet or computer, and give a three-dimensional manipulation, which is similar to that of a tangible replica (Yi-Chen, et al., 2011). It is necessary, therefore, to study the potential of replicas and 3D models for the study of forms and the representation of sculptures.

Spatial comprehension, where students need to imagine objects from different orientations, visualise three-dimensional models and make transformations between representations in two and three dimensions features in the curricula of university and pre-university degrees and courses connected with art and design disciplines. In these academic fields, on the other hand, there are few studies which have a bearing on the spatial thought of the students as well as methodologies, strategies and teaching materials for its development (Morell, et al., 2010), as occurs in fields such as Engineering and Architecture (Martín-Dorta, et al., 2008; Saorín-Pérez, et al., 2009)

In this article, an experiment carried out with 11th Grade students of Drawing is described. A three-dimensional educational resource is developed which contemplates the two 3D formats simultaneously, the digital and the tangible. The participants answered a 3D viewing test designed to analyse the impact of this technology on the student's spatial comprehension. The results are compared when using traditional 2D representations and digital and tangible 3D models.

Three-dimensional objects in Art & Design

For the study of sculpture, artistic drawing and volume it is normal to use replicas of sculptures and plaster objects. A replica is a reproduction, with the greatest possible precision, of the original of an object and it may be in a different material and be on a different scale (Almagro Gorbea, 1988). One of the reasons for which a replica is made is to replace an object of great value and prevent it undergoing deterioration. Replicas are given outstanding value because they serve to transmit art to the public in general and without them only specialists or researchers would have access to protected works of art. Replicas moreover serve to understand the three-dimensional concepts associated with the analysis of form and its representation (Rodríguez-Samaniego, 2013).

In disciplines related with design, models of 3D parts are used for learning of standardised views in the subjects of technical drawing (de la Torre Cantero, et al., 2013). These physical models are used so that the students can make sketches from different points of view and improve their comprehension of the relationship between the real world (three-dimensional environments and models) and the two-dimensional representations (drawing of standardised views). They constitute a much-used educational material in technical drawing to improve spatial skills (Ben-Chaim, et al., 1988).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

In other disciplines unrelated with art and design, the use of 3D models is also frequent such as in natural science (fossils, stuffed animals, etc.), geology (minerals and rocks), topography (digital models of terrain), architecture (models).

As an alternative to tangible objects, the appearance of 3D digital technologies makes possible the design of didactic resources allowing the user to interact with 3D contents on digital devices. Foremost among these are such multi-tactile devices as the Smartphone and tablets, whose tangible interface approximates the way of interacting with the real object (Yi-Chen, et al., 2011). High-quality, three-dimensional models make it possible to widen the knowledge of sculptural and/or architectural heritage in great detail as is the case of the heritage of Oviedo cathedral as described by Ruiz, Rovés, & Voces (2015). This is a hyper-realistic 3D model which allows the user to appreciate all the details of valuable pieces which can normally only be observed through a grille or glass and can only be seen from one side, inside urns and at a certain distance for security reasons.

The use of digital three-dimensional models can solve some of the areas where real models fall short, such as breakages or loss of objects as 3D models can not only be viewed on a range of devices both offline and online but it is also possible to download them for reproduction as often as is necessary (they are replicable). They resolve, in turn, the problems of transport, exchange and storage as they can be filed in the cloud or virtual classrooms, thus going beyond the limits of a laboratory.

In the year 2013, at the University of La Laguna, a pilot study was carried out on the comparison of the use of tangible and digital models. The viability of 3D models on tablets as possible substitutes for the pieces used for learning of standardised views in subjects of technical drawing was analysed. But the results were not conclusive: the evaluation of the students was very similar in both cases as there was not a significant difference between the preferences of the students for the tangible models or for the digital models (de la Torre Cantero, et al., 2013).

Legal aspects related with replicas

The intellectual ownership of a literary, artistic or scientific work belongs to the author due to the simple fact of its creation. With regard to the materials accessible through the network, they can be read, watched or heard for free if the author so decides, however, making a copy or redistributing it without authorisation is not allowed. When scanning a sculpture using any technique, whether laser or photography, you are making a copy of an object protected by Copyright. Copying and distributing a sculpture requires the permission of the person who has the rights of reproduction (Weinberg, 2013).

It is important to indicate that the laws of intellectual property vary according to the country. This research has been carried out in Spain, where, in the teaching sphere, the law of intellectual property (section 2, article 32 of the Boletín Oficial del Estado, 2006) sets down that “teachers in formal education will not require the authorisation of the author to carry out acts of reproduction, distribution and public communication of small fragments of works or of isolated works of a plastic or figurative photographic nature, excluding text books and university manuals, when such acts are carried out solely for the illustration of their educational activities in the classrooms, to the extent that they are justified by the non-commercial purpose, provided that it is a matter of works that are already in the public domain and, except in the cases in which this is impossible, the name of the author and the source is included.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

New trends for teaching 3D contents

Among the international reports on technology in education (OCDE, 2014; Instituto de Educación Internacional, 2014) there is one, which has become a point of reference: the Horizon Report (Johnson, et al., 2011-2016). This report, prepared by the New Media Consortium, identifies new types of technology, which can be used in teaching, and analyses their impact on education, learning and research. Among these technologies, the applications for 3D digital modelling stand out, together with digital tablets and/or Smartphones as well as 3D printers. The report also looks at a new trend: BYOD (Bring Your Own Device), which promotes the use by students of their own devices to access innovative resources as a complement to traditional teaching in the classroom.

In the experiment carried out in this research, for the creation of the 3D material used, use is made of digital 3D modelling, tablets and/or Smartphone (the students gain access to the information using their own devices: BYOD) and 3D printers, all of which trends were highlighted in the Horizon reports. Digital tablets and Smartphones constitute a technology with great potential in the classroom: 30% of Spanish children of ten years of age have a Tablet or a Smartphone, 70% at the age of 12 and 83% at 14 (Cánovas, García-De-Pablo, Oliaga-San-Atilano, & Aboy-Ferrer, 2014). Modelling, scanning and 3D printing until about eight years ago were technologies reserved for experts in the subject and required a long and costly learning process, and an advanced technical team was also required and the price of the programmes was very high and only accessible for large centres, companies or universities (Caño, de la Cruz, & Solano, 2007). This panorama changed in 2006 with the distribution free of charge of the SketchUp programme by Google. SketchUp is a multi-platform programme (PC and Mac) with a free version, which offers the possibility of introducing the user to 3D modelling with very little background knowledge and in only a short time. This program has been used already in the teaching of subjects with 3D content offering excellent results (de la Torre Cantero, Saorín, Carbonell, de Castillo Cossío, & Contero, 2012). Blokify, Pottery and the Autodesk 123D Suite are other applications of 3D modelling with a free version which are simple to use, with which, at low cost, digital replicas of sculptures have been obtained (de la Torre-Cantero, Saorín, Meier, Melián Díaz, & Alemán, 2015).

In relation with the scanning of objects, there are peripherals of video games, which have the possibility of detecting 3D space, which has given rise to the appearance of highly-accessible three-dimensional scanners although with resolutions that are not so good as professional ones. One example is the use of Microsoft's Kinect with the Skanet programme, which makes it possible to have a 3D scanner for less than 500 Euros. On the other hand, apart from the possibility that the students or teachers might create their own 3D models, there are web pages specialising in the free dissemination of three-dimensional models such as Thingiverse, 3D Warehouse or SketchFab. These repositories have special resources with 3D models aimed at education. In order to view a 3D model it is necessary to have an application installed in the device (Smartphone or Tablet). However, in the repositories specialising in 3D objects, the viewing and direct interaction in the online environment via one's own browser, without the need to have installed any 3D viewing application is possible. The online environments specialising in 3D models for education also offer the possibility of downloading and printing the models with a 3D printer. In the ambit of Art & Design, there are museums and institutions which make their works available to the user via the internet for on-line 3D viewing, such as for example the Smithsonian Museum (Smithsonian, 2015), or the

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

project for the spreading of heritage in 3D of the Virtual World Heritage Laboratory (Frischer, 2016)

[Figure 1 here]

Figure 1: Online viewer of the Smithsonian Museum; Figure and Viewer online of the Virtual World Heritage Laboratory

Another example is the Art Project, in which Google has collaborated with seventeen museums around the world for the diffusion of a virtual version of their collections. Apart from permitting a virtual visit to the interior of a number of chosen galleries, it is possible to admire works of the most renowned artists in history. These virtual visits are made up of 360° photos of the halls in a similar format to the Google application, Street view.

In the sphere of teaching, accessibility and dissemination of digital 3D models is the same as any other digital file and can be included in specialised 3D repositories free of charge (e.g. Sketchfab or Thingiverse), in virtual classrooms, or online repositories such as Dropbox, Drive, etc. Thus, three-dimensional objects can be included easily in multimedia presentations or even in paper books by means of a link. The books, despite the multiple formats of communication that there are, continue to be a widely-used format of diffusion of knowledge in educational settings. There are at least nine different technologies, which make it possible to include three-dimensional objects in digital or paper books (Carbonell-Carrera, et al., 2016). In order to include 3D information in a book, it is possible to indicate a reference to a web page, which obliges the reader to key in the URL. Although there is the possibility of using short URLs, there are applications, which make it possible, by means of a code, to gain access to the indicated address such as for example a QR code. There are generators of QR codes that are free on the Internet, such as for example QR Creator.

Spatial comprehension in Art & Design

Given the three-dimensional nature of sculptures, their dissemination via a flat resource (2D) such as the images in a traditional catalogue means that information is lost and the comprehension of the works is limited (Chamizo, 2010; Rea-Ramirez, et al., 2008). In the learning of materials related with concepts of a three-dimensional nature, the use of traditional teaching resources in 2D such as books, photos, plans or drawings may be complex and sometimes insufficient for spatial comprehension on the part of the student.

This spatial comprehension features among the skills included in the curricula of university degree courses in the field of Art & Design, and they make reference to the spatial skills and the use of technologies for visual interpretation, such as for example the acquisition of graphic skills and spatial vision, the capacity to use techniques of 3D representation, the capacity to work with 2D and 3D interfaces as well as the perceptive visual capacity (Aneca, 2004). Stavridou & Kakana (2995) suggest that the more extended use of 3D models, either physical or digital, could help to a better understanding of spatial relationships and evoke the use of more advanced drawing techniques for the depiction of 3D layouts.

Numerous studies show that spatial abilities can be developed using training if the appropriate materials are provided (Cohen, et al., 2003; Potter & Van der Merwe, 2003), (Kinsey, 2003), and there is unanimity about the fact that spatial thinking can be

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

improved by means of training (Sorby, et al., 20013). The use of 3D models is a proven strategy to increase the improvement of spatial abilities (Ben-Chaim, et al., 1988). For example, in secondary education, metallic models of 3D pieces are successfully used for learning of standardised views in the subjects of Technical Drawing and Analysis of Forms and Their Representation (de la Torre Cantero, et al., 2013). With these models, the students develop their sketches from different points of view and improve their understanding of the relationship between the real world (settings and three-dimensional models) and two-dimensional representations (drawing of standardised views).

In university education, an improvement in the spatial abilities of students of Engineering has been obtained using three-dimensional models of land printed in 3D (Carbonell & Bermejo, 2016), as well as three-dimensional representations in digital format such as augmented reality (Saorín, et al., 2014). It is necessary, therefore, to study whether there is an improvement in spatial comprehension in the field of Art & Design, where the use of 3D replicas of sculptural works is usual so as to facilitate the comprehension of 3D concepts associated with the analysis of forms and their representation (Rodríguez-Samaniego, 2013).

Educational 3D resource replicable for the teaching of the sculptural heritage

In this article, an educational resource is used for content related with the sculptural heritage: a catalogue of sculptures, which includes replicable three-dimensional models. The catalogue contains twenty-seven public sculptures from Santa Cruz de Tenerife from the First International Exhibition of Sculpture in the Street available at: <http://goo.gl/wD3EwS>. It is presented in the traditional format of a book where the sculptures are described with a specifications card (name, description, author, year, materials, dimensions and a link with additional information), one or several images of each sculpture and a schematic map of the city with its location.

The difference with regard to a conventional catalogue lies in the incorporation of two links: one to gain access to the online view of the 3D model and the other to download and print the sculpture on a 3D printer (Fig. 2). In this way, if the electronic version of the book is available, it is possible to gain access to and view the three-dimensional model with just a click. If only the paper version is available, it is possible to gain access and handle the digital model of the sculpture by means of a Smartphone or tablet using the QR code.

[Figure 2 here]

Figure 2: Catalogue with links and QR codes for viewing and downloading the models.

In order to organise all the works printed in 3D, a packaging has in turn been created (Fig. 3). The design and the templates to make this packaging, made up of two boxes, are included in the catalogue so that any user can make his/her own box for packaging with cardboard for which he/she will only need a large sheet of cardboard (approximately 130 x 130 cm) and a normal paper printer. The design of the boxes includes identifying cards of each work with a link, which makes it possible to download and print the work again in case of loss or breakage. Replicas have been printed of all the works on a 3D printer, Makerbot Replicator 2, in white PLA filament.

[Figure 3 here]

Figure 3: Catalogue of sculptures and the set of 27 sculptures printed with their packaging

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

This educational resource, therefore, gives access to 3D files, which allow the creation of tangible replicas by means of a 3D printer of the sculptures it contains. The teacher thus has a catalogue of sculptures in two different formats: the book format with access to digital models and the box format with the tangible models.

The steps for the creation of these replicas are described in the work of de la Torre, et al. (2015), where the entire process is detailed for generating 3D objects as well as the costs deriving from creating a replica using a 3D printer or buying in an outside printing service.

Methodology

Participants

The experiment was carried out with fifteen volunteer 11th grade students from the Dominicas Vistabella School in Santa Cruz de Tenerife, who were studying the subject of Drawing, Design and Plastic Arts. Before the experiment was carried out, the participants responded to a survey on viewing technologies and 3D printing.

Phases

The experiment took place in an hour-long session in the drawing, design and plastic arts classroom. It was divided into two phases:

Phase I. 2D. (25 minutes): the students were given a 3D visualisation test, in which they were asked a number of questions about the 27 publicly-displayed sculptures in Santa Cruz de Tenerife from the First International Exhibition of Sculptures in the Street. For finding the information, they had computers with an Internet connection, apart from their own Smartphones and computers, from which they could gain access to the information in text and images (photos) of the sculptures on the Internet. It was verified that the graphic information on Internet about the sculptures was only in 2D format.

Phase II. 3D. (15 minutes): the participants responded to the same test again on 3D visualisation but on this occasion they had the catalogue of sculptures in two formats: the book format with access to digital models and the box format with the tangible models. They made use of their Smartphones to view the sculptures from the catalogue in 3D as well as directly handling the replicas made on the 3D printer.

Measuring instrument

The 3D test of viewing the sculptures was carried out by the research group into spatial abilities at the University of La Laguna (<http://dehaes.webs.ull.es>). It consists of twelve questions aimed at the 3D analysis of the sculptures, separated into two blocks: volumetry and modularity, as well as two exercises on standardised views (Table 1). The test is designed to analyse the spatial comprehension of the student.

Results

In the survey of viewing and 3D printing technologies, 93 % of the participants declared that they had a Smartphone and a computer for their private use and 60% already had a QR code reader installed on their Smartphone. All of the students said they would like to have educational material printed in 3D and 86 % believed that a 3D object helped them to study better. 86 % knew 3D printers but only 26 % had seen them working in person. 93 % of the participants stated that they were interested in art but only 53 %

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

showed interest in sculptures or had noticed the urban sculptures in Santa Cruz de Tenerife.

In table 1, it is possible to observe the number of correct responses obtained for each question in the test of 3D visualisation of the sculptures. It can be seen that in the second phase, the students were able to answer many more items by means of the observation of the 3D printed sculptures.

3D Viewing Test			
Type	Question	% Correct answers	
		Phase I 2D	Phase II 3D
Modular questions	Of how many modules is the Labyrinth sculpture made up?	53	100
	Does the large module of the Solidarity sculpture have a hole inside? Is it rectangular or round?	40	80
	Are all the modules of the Lorea sculpture the same?	53	80
	In the Tribute to Pascal sculpture are there two modules which are exactly the same?	0	93
	Which sculptures are made up of identical modules?	0	67
Volumetric questions	Is the shield of the Goslar Warrior flat on its rear side?	53	93
	Is the hand in the Introversion sculpture a bas-relief?	100	100
	Is the thickness of the sculpture Hombre by María Simón the same all over the sculpture?	7	47
	In the sculpture called Dado para 13, can you enter and leave on different sides?	93	100
	Can the sculpture Tribute to Millares be moved?	86	93
Average results		48,5	85,3
Exercises for standardised views	Draw the top view of the sculpture "Dado para 13".	47	60
	Draw the Top view of Labyrinth sculpture.	0	87
Average results		23,5	73,5

Table 1: Responses obtained in the 3D viewing test

Conclusions

The editing and digital printing technologies allow teachers to have local replicas in three dimensions for the teaching of disciplines related with Art & Design. These innovative technologies are accessible and easy to use for teachers and students and

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

allow new teaching resources to be introduced into the teaching and learning processes in accordance with the BYOD trend emphasised by the Horizon report.

The digital versions in 3D offer the possibility of having a large number of models to which the students have access from settings of virtual teaching such as virtual classrooms, or in free repositories such as Dropbox or Google Drive, which facilitates their implementation in formal teaching. The tangible versions, printed in 3D, are an alternative to the digital ones and a single replica can be presented to the student in the two versions.

The results of the survey show a high degree of interest among the students in 3D educational materials, which they consider would help them to study better. The 3D replicas can increase the interest among students in sculptural heritage.

In relation with spatial comprehension, the analysis of forms and the representation of the sculptural heritage, the student understands spatial relationships of the sculptures better with the 3D representations than with the 2D versions. The percentage of correct answers in questions related with the modularity and volumetry of the sculptures is almost double using 3D (85.3%) than 2D (48.5%). The participants also obtain better results in the exercises with systems of representation (standardised views) of the sculptures with the three-dimensional versions (73.5%) than with the 2D viewings (23.5%), in agreement with Stavridou & Kakana (2005), who found serious difficulties in depicting the third dimension in the absence of a model, either physical or digital.

Using only the access to the Internet as a source of information, the students were not capable of answering two of the ten questions asked, nor could they create a bird's eye view of one of the sculptures despite the fact that they had 25 minutes to draw it. However, using 3D models, they were able to answer all the questions and activities and to do so with a higher percentage of success in much less time as they all finished the 3D viewing test in less than fifteen minutes.

The versatility that the innovative editing and digital printing technologies offer for teaching and diffusion of the sculptural heritage make the teaching resource described in this article just one example that can be extended to other subjects which require, in the teaching and learning process, representation and interpretation in three dimensions.

References

- Almagro Gorbea, M. J., 1988. La utilidad de sustitutos y reproducciones en los Museos. *Boletín de la Anabad*, 38(3), pp. 177-186.
- Aneca. (2004). *Libro Blanco para el diseño de la titulación de Grado: Bellas Artes*. Barcelona: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. ☐
- Ben-Chaim, D., Lappan, G. & Houang, R. T., 1988. The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, pp. 25(1), 51-7.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Carbonell C., & Bermejo, L.A. (2016). Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking. *Cartography and Geographic Information Science*, pp. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1080/15230406.2016.1145556>

Carbonell-Carrera, C. et al., 2016. Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales. *El profesional de la información*, pp. 25, n3, pp. 661-670.

Chamizo, J. A., 2010. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, p. 7(1).

Cohen, C., Hegarty, M., Keehner, M. & Montello, D., 2003. *Spatial ability in the representation of cross sections*. s.l., 25th annual conference on the cognitive science Society, pp. 31-2.

Council of Europe, 2005. *Value of Cultural Heritage for Society*, Faro: Council of Europe Treaty Series - No. 199.

de la Torre Cantero, J. et al., 2013. Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED. Revista de Educación a Distancia*, Issue 37.

de la Torre-Cantero, J. et al., 2015. Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, pp. 27(3), 427-444.

Eurydice, E., 2009. *Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo*. Bruselas: Secretaría General Técnica.

Frischer, B., 2016. *Virtual World Heritage Laboratory*. [Online] Available at: <http://www.digitalsculpture.org/laocoon/index.html>

Instituto de Educación Internacional, 2014. *Annual Report*, USA: Instituto de Educación Internacional.

Johnson, L., Levine, A., Smith, R. & Smythe, T., 2011-2016. *Horizon report*, Austin, Texas: The New Media Consortium.

Kinsey, B. (2003). *Design of a CAD Integrated Physical Model Rotator*. Proceedings of the Annual Conference & Exposition Engineering Education, Tennessee, USA.

Martín-Dorta, N., Saorín, J. L. & Contero, M., 2008. Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), pp. 505-513.

Morell, R. V. G., Miranda, V. G. & Alamar, M. D. V., 2010. Consideraciones sobre las imágenes mentales en el sistema diédrico español. *Arte, individuo y sociedad*, 22(1), pp. 111-120.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

OCDE, 2014. *Panorama de la educación*, Madrid: Ministerio de educación, cultura y deportes.

Potter, C. & Van der Merwe, E., 2003. Perception, imagery, visualization and engineering graphics. *European journal of engineering education*, Volume 28(1), pp. 117-133.

Rea-Ramirez, M. A., Clement, J. & Núñez-Oviedo, M., 2008. An instructional model derived from model construction and criticism theory. In: *Model based learning and instruction in science*. Netherlands: Springer, pp. 23-43.

Rodríguez-Samaniego, C., 2013. La educación artística en la Escuela de Bellas Artes de Barcelona durante el siglo XIX. El caso de la escultura. *Arte, Individuo y Sociedad*, pp. 25(3), 495-508.

Ruiz, J., Rovés, L. & Voces, Á. G., 2015. Visualización tridimensional hiperrealista e interactiva: Cámara Santa y Joyas de la Catedral de Oviedo. *Virtual Archaeology Review*, pp. 6(12), 69-76.

Saorín, J. L., de la Torre-Cantero, J. & Martín-Dorta, N., 2014. Anfore 3D: objetos de aprendizaje tridimensionales con información ampliada a través de Realidad Aumentada. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, Volume 277, pp. 22-25.

Saorín-Pérez, J. L. et al., 2009. La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA-Ingeniería e Industria*. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 84(9).

Smithsonian, I., 2015. *Smithsonian x3D*. [Online] Available at: <http://3d.si.edu/browser>

Sorby, S., Wysocki, A. & Baartmans, B., 20013. *Introduction to 3D Spatial Visualisation: an active approach*. Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning.

Stavridou, F., & Kakana, D. 2005. When adolescents represent the third dimension: three case studies. *Journal of Art & Design Education*, 24(1), pp. 53-70.

UNESCO, 2006. *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972*. Francia, UNESCO, p. 245.

Weinberg, M., 2013. *What's the deal with copyright and 3D printing?*, s.l.: Institute for Emerging Innovation (IEI).

Yi-Chen, C., Hung-Lin, C. & Wei-Han, H. & S.-C. K., 2011. Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), pp. 267-276.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



Online viewer of the Smithsonian Museum; Figure and Viewer online of the Virtual World Heritage Laboratory

327x91mm (300 x 300 DPI)

or Peer Review

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49



Catalogue with links and QR codes for viewing and downloading the models

150x73mm (300 x 300 DPI)

Peer Review

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Catalogue of sculptures and the set of 27 sculptures printed with their packaging

301x155mm (300 x 300 DPI)

Peer Review

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

ANEXO III:

OTRAS PUBLICACIONES

Fase I	<p>9. Libro: Capítulo 2, 6 y 8 Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos BUBOK Junio de 2014. <i>ISBN papel: 978-84-686-5345-7</i></p>
Fase II	<p>10. Libro: El Patrimonio escultórico en el aula. Actividades con tecnologías de Modelado e Impresión 3D. <i>ISBN: 9781326246631</i></p> <p>11. Congreso: Libro de actas. El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D. CINAIC. Madrid <i>ISBN: 978-84-608-2907-2.</i></p> <p>12. Libro: Innovación docente para convencidos (VI Jornadas de Innovación Educativa ULL). Capítulo: Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil. <i>ISBN: 978-84-617-6450-1</i></p> <p>13. Congreso: Libro de resúmenes. Creación de objetos de aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del registro fósil y rocas sedimentarias VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL (adjunto: certificado de ponente)</p> <p>14. Congreso: Libro de actas. La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología. XXXI Jornadas de Paleontología Jaén. <i>ISBN: 978-84-8439-920-9</i></p>
Fase III	<p>15. Congreso: Libro de resúmenes. Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados. VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL (adjunto: certificado de ponente)</p> <p>16. Libro: El Patrimonio escultórico en el aula. Paper Toys: Modelos de papel para recortar y construir en 3D <i>ISBN: 9781326415044</i></p> <p>17. Libro: Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D Bubok <i>ISBN: 978-84-686-8949-9</i></p>

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

9. LIBRO

Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos.

Junio 2014

BUBOK

ISBN papel: 978-84-686-5345-7

Norena Martín Dorta, Jorge de la Torre Cantero, Jose Luis Saorín.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

13/01/2017 15:36:49

moveFAB

PROGRAMA PILOTO DE FOMENTO DE LA CREATIVIDAD Y EL TALENTO A TRAVÉS DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

PROTOTIPADO DIGITAL, FABRICACIÓN E IMPRESIÓN 3D

Talleres prácticos

BLOKIFY



3D Conceptual Design.
Any time. Anywhere.



Crea tus prototipos



Dirección:
Norena Martín Dorta

Coordinadores:
Jose Luis Saorín Pérez
Jorge de la Torre Cantero

ULL | Universidad de La Laguna

 Fundación General Universidad de La Laguna



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Dirección: Norena Martín Dorta

Coordinación de contenidos: Jose Luis Saorín Pérez y Jorge de la Torre Cantero.

© Norena Martín Dorta
 © Jorge de la Torre Cantero
 © Jose Luis Saorín Pérez
 © Prototipado Digital, Fabricación e Impresión 3D. Talleres Prácticos
 ISBN papel: 978-84-686-5345-7
 Impreso en España
 Editado por Bubok Publishing S.L
 Primera edición: Junio, 2014
 Editado en La Laguna, España

El presente monográfico se publica bajo una
 licencia Creative Commons del tipo:
 Reconocimiento-NoComercial-
 SinObraDerivada



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

Blokify: Diseña e Imprime tus Estructuras en 3D

Cecile Meier
Jose Luis Saorín Pérez

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo, Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: Primaria, ESO y Bachiller.



1. Para Comenzar

“Blokify” (<http://blokify.com/>) es una herramienta al estilo “Minecraft” o “Lego” que permite a sus usuarios crear sus propios objetos en 3D sobre un tablero, pero con la posibilidad de hacerlos reales usando una impresora 3D. Las construcciones en Blokify se realizan mediante la colocación de bloques de una misma dimensión. Es una aplicación gratuita disponible para iPad y iPhone.

En el siguiente vídeo promocional podrás descubrir cómo funciona:



Figura 1. Video promocional de Blokify para iPad y iPhone (<http://goo.gl/aSC9I5>)

2. Objetivos Didácticos

Los Objetivos Didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- Comprender y representar formas y modelos 3D.
- Mejorar las habilidades espaciales mediante herramientas digitales a base de juegos.
- Expresarse con creatividad, mediante el uso de las herramientas del lenguaje plástico y visual actual y saber relacionarlas con otros ámbitos de conocimiento.
- Utilizar, reconocer e interpretar las diversas técnicas plásticas y visuales y las tecnologías de la información y la comunicación para aplicarlas en las propias creaciones.
- Representar cuerpos y espacios simples mediante el uso de la perspectiva, las proporciones y la representación de las cualidades de las superficies y el detalle de manera que sean eficaces para la comunicación.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Trabaja las expresiones faciales con 123D Sculpt

Cecile Meier

Jose Luis Saorín Pérez

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo, Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: ESO y Bachiller.



1. Para Comenzar

123D Sculpt es una aplicación que forma parte del paquete "123D" de aplicaciones de Autodesk, todas ellas gratuitas. Es una aplicación para iPad/iPhone. Sirve para hacer esculturas sin ensuciarse las manos, es una aplicación que intenta simular el modelado en barro.

En el siguiente vídeo promocional podrás descubrir cómo funciona:



Figura 50. Vídeo promocional de 123D Sculpt.
(http://www.youtube.com/watch?v=dIuRnaym_hQ)

2. Objetivos Didácticos

Los Objetivos Didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- Comprender, conocer y saber interpretar las distintas expresiones faciales de manera más consciente.
- Desarrollar las capacidades que permitan expresar con precisión y objetividad las soluciones gráficas.
- Comprender y representar formas y modelos 3D.
- Fomentar el método y el razonamiento como medio de transmisión de las ideas científico-técnicas.
- Expresarse con creatividad, mediante el uso de las herramientas del lenguaje plástico y visual actual y saber relacionarlas con otros ámbitos de conocimiento.
- Utilizar, reconocer e interpretar las diversas técnicas plásticas y visuales y las tecnologías de la información y la comunicación para aplicarlas en las propias creaciones. Representar cuerpos y espacios simples mediante el uso de la perspectiva, las proporciones y la representación de las cualidades de las superficies y el detalle de manera que sean eficaces para la comunicación.
- Planificar de forma individual y cooperativa el proceso de realización de un objeto partiendo de unos objetivos prefijados, reflexionar sobre él y revisar y valorar al final de cada fase el estado de su consecución.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Juego de Modelado 3D para la Aproximación a las Figuras de Revolución

Jose Luis Saorín Pérez
Cecile Meier

Área/ Materia: Tecnología / Dibujo, Diseño y Artes Plásticas.

Nivel: ESO y Bachiller.



1. Para Comenzar

Pottery es un juego, disponible para iPad, iPhone y Android, que imita el proceso de creación de figuras de arcilla en un torno con posterior decoración. Esta aplicación cuenta con la posibilidad de imprimir en 3D los diseños, aunque solamente enviándolos por mail a una empresa de servicios de impresión 3D.

Pottery se puede usar para introducir a los alumnos desde primaria en las figuras de revolución. Nos da la posibilidad de modelar con las manos el perfil de objetos de revolución y así introducir al alumno de forma lúdica en éste temario. La posibilidad de trabajar con formas orgánicas y de decorar las vasijas permite desarrollar aspectos creativos de asignaturas de dibujo, diseño y artes plásticas.

En el siguiente vídeo podrás descubrir cómo funciona:

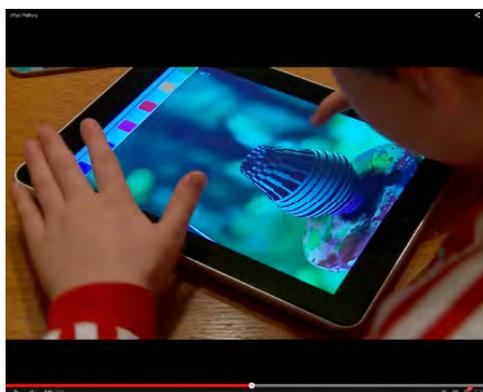


Figura 52. Video promocional de Pottery.
(<http://goo.gl/AvQ1Tk>)

2. Objetivos Didácticos

Los Objetivos Didácticos de esta actividad relacionados con la materia son:

- Comprender y representar formas y modelos 3D.
- Mejorar las habilidades espaciales mediante herramientas digitales a base de juegos.
- Expresarse con creatividad, mediante el uso de las herramientas del lenguaje plástico y visual actual y saber relacionarlas con otros ámbitos de conocimiento.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

10. Libro

El Patrimonio escultórico en el aula. Actividades con tecnologías de Modelado e Impresión 3D.

Abril 2015

Lulu

ISBN: 9781326246631

Junio de 2014.

Cecile Meier, José Luis Saorín, Jorge De la Torre-Cantero, Dámari Melián Díaz.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

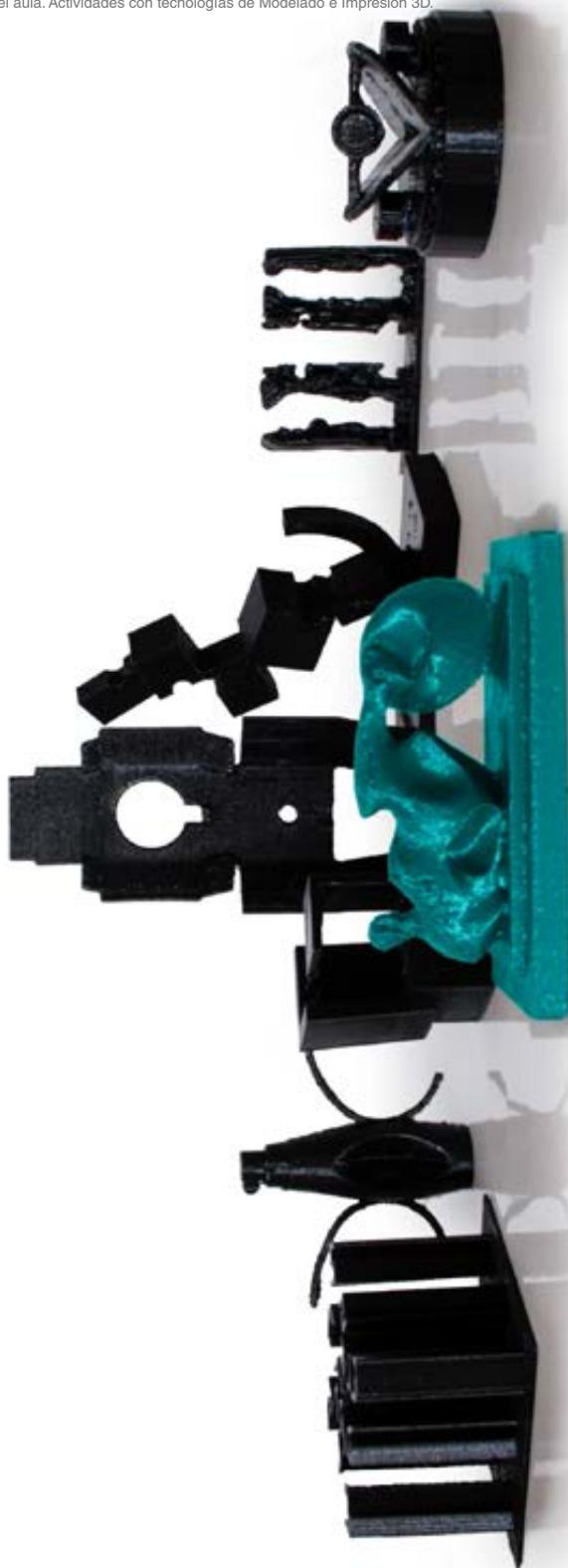
19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

13/01/2017 15:36:49

EL PATRIMONIO ESCULTÓRICO EN EL AULA

ACTIVIDADES CON
TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE BAJO COSTE,
MODELADO E IMPRESIÓN 3D Y GAMIFICACIÓN



ULL | Universidad
de La Laguna

Cecile Meier
Jose Luis Saorín Pérez
Jorge de la Torre Cantero
Dámari Meliám Díaz

10

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

© El patrimonio en el aula: Actividades con tecnologías de bajo coste, modelado e impresión 3D y gamificación

ISBN : 978-1-326-24663-1
 Impreso en España
 Editado por lulu.com
 Primera edición: Abril, 2015
 Editado en La Laguna, España

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

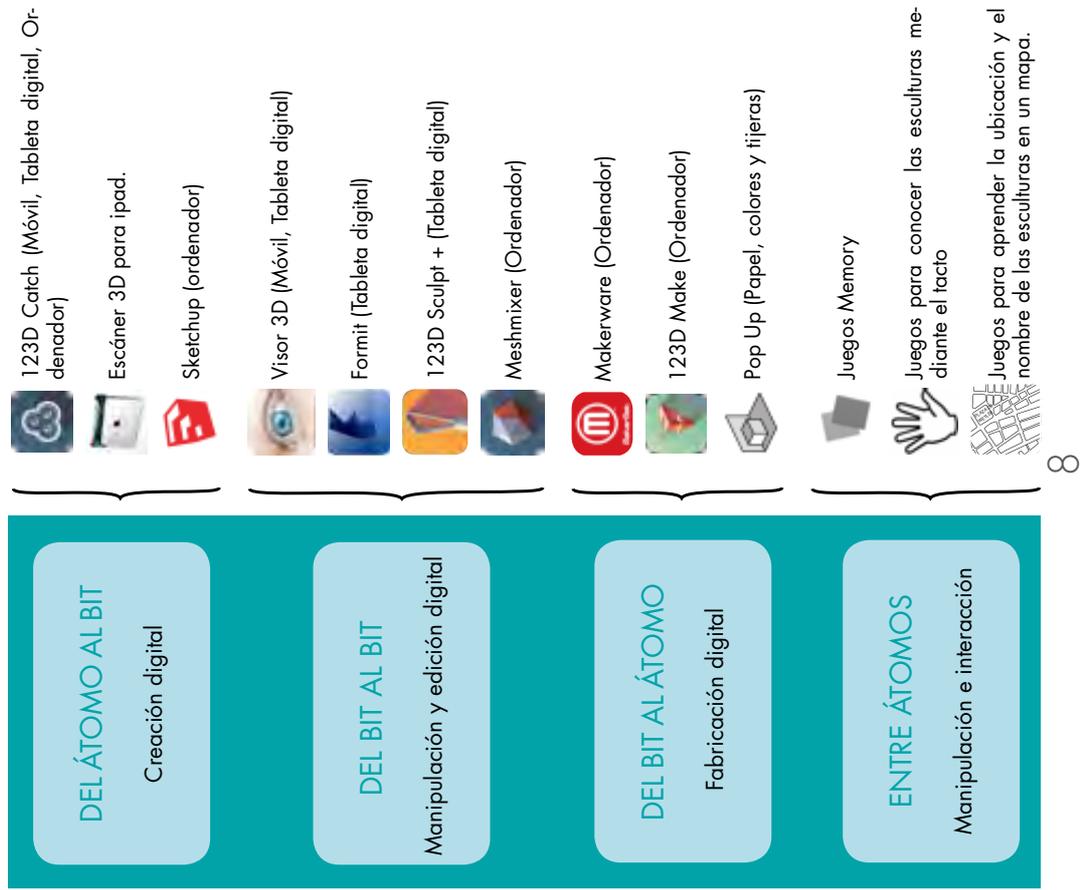
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Estructura del libro



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		



3 Crea una escultura con UN PROGRAMA DE MODELADO 3D

Área: Dibujo, Diseño, Artes Plásticas y Tecnología.

Nivel: Secundaria y Bachillerato

Materiales: Ordenador con Sketchup

Materiales opcionales: Impresora 3D

Temporalización: 2 - 5 horas (+ Tiempo de Impresión 3D)



Dificultad:



Adecuado para esculturas y objetos sencillos y geométricos.



Link:

Descarga e instala Sketch up Make para ordenador



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

11. Congreso

El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D.

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad.
Cinaic 2015. pp: 34 - 39

ISBN: 978-84-608-2907-2.

Octubre 2015

Cecile Meier, José Luis Saorín, Jorge De la Torre-Cantero, Dámari Melián Díaz.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

CINAIC 2015

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD

La Sociedad del Aprendizaje



MADRID, 14-16 de octubre
www.cinaic.com

Organiza:



CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Universidad
Zaragoza



UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO DE EDUCACION, CULTURA
Y DEPORTE



Centro para el
Desarrollo
Tecnológico
Industrial

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

LA SOCIEDAD DEL APRENDIZAJE. ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD. CINAIC 2015

Editores: Ángel Fidalgo Blanco, María Luisa Sein-Echaluce Lacleta y Francisco José García-Peñalvo.

Editorial:

Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Calle Pastor, 3, 28003 Madrid.

Lugar y fecha: Madrid. Octubre de 2015.

ISBN: 978-84-608-2907-2



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – SinObraDerivada (cc BY-NC-ND). Ver descripción de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Diseño de Cubierta: Kyan Shokouhi Dios.

Formato: Javier Pinilla Martínez y Kyan Shokouhi Dios.

Referencia a esta obra:

Fidalgo Blanco, A., Sein-Echaluce Lacleta, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2015). *La Sociedad del Aprendizaje. Actas del III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad. CINAIC 2015 (14-16 de Octubre de 2015, Madrid, España)*. Madrid. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

El patrimonio escultórico en el aula. Tecnologías avanzadas de bajo coste para introducir el modelado 3D y la impresión 3D

Sculptural heritage in classroom. Advanced low-cost technologies to introduce 3D modelling and 3D printing.

Cecile Meier¹, Jose Luis Saorin², Jorge de La Torre Cantero², Dámari Melian¹
 Cecile.meier.96@ull.edu.es, jlsaorin@ull.edu.es, jcantero@ull.edu.es, damarimd@gmail.com

¹Facultad de Educación
 Universidad de La Laguna
 España

²Departamento Técnicas y Proyectos
 En Arquitectura e Ingeniería
 Universidad de La Laguna, España

Resumen- Desde 1972 la UNESCO destaca la importancia de incrementar el respeto y el aprecio del patrimonio cultural mediante la educación. Actualmente existen tecnologías de bajo coste disponibles que posibilitan nuevas estrategias para la enseñanza del patrimonio escultórico. En este artículo se describe un libro, realizado en la Universidad de La Laguna, donde se presentan una serie de actividades para introducir el patrimonio escultórico en el aula, usando tecnologías accesibles en un centro educativo. Dichas tecnologías son tabletas digitales, ordenadores e impresoras 3D, aunque también se presentan otro tipo de actividades lúdicas y de carácter manual, posibles de realizar sin el uso directo de tecnologías. Adicionalmente, para valorar estas tecnologías se ha realizado una experiencia piloto con alumnos del Master de Formación de Profesorado de la Universidad de la Laguna a los que se les ha pasado una encuesta de opinión sobre las mismas.

Palabras clave: Patrimonio escultórico, Tecnologías de bajo coste, impresión y modelado 3D.

Abstract- Since 1972 UNESCO has been highlighting the importance of increasing the respect and appreciation of cultural heritage through education. There are now several low cost technologies available which assist in enabling new strategies in the teaching of sculptural heritage. This article is describing a book which has been produced at the University of La Laguna. The book presents a series of activities which are designed to introduce sculptural heritage into the classroom using accessible technologies in an education centre. The technologies used are digital tablets, computers and 3D printers. It also presents other activities which were physical play-based in which technology was used indirectly. In order to assess these technologies, there has been an initial opinion poll undertaken with a group of students from the Master de Formación de Profesorado de la Universidad de la Laguna.

Keywords: Sculptural Heritage, low cost technologies, 3D printing and 3D modeling.

1. INTRODUCCIÓN

Según la Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural que analiza la Educación Artística y Cultural en el contexto escolar en Europa, un objetivo común en todos los países en la educación artística es la comprensión del patrimonio cultural (Eurydice, 2009). El patrimonio

cultural abarca monumentos como obras arquitectónicas, artísticas, arqueológicas, o conjuntos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia (UNESCO, Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972, 2006). El patrimonio escultórico es una parte importante del patrimonio artístico.

Actualmente existen tecnologías avanzadas de bajo coste que posibilitan nuevas estrategias para la enseñanza del patrimonio escultórico. Para transmitir la escultura de manera más directa a los alumnos, existe la posibilidad de mostrar o crear modelos tridimensionales en tabletas digitales, teléfonos móviles u ordenadores. También podemos obtener réplicas físicas de las esculturas mediante las impresoras 3D, que son capaces de imprimir una pieza a bajo coste y en poco tiempo (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013). Otra posibilidad es utilizar la tecnología digital para realizar las figuras con técnicas manuales tradicionales, como por ejemplo corte de cartón.

Una manera de introducir el patrimonio en la formación, puede ser a través de juegos y actividades lúdicas. Con esta estrategia se pretende potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo y otros valores comunes a todos los juegos, para influir y motivar a los alumnos en el aprendizaje de contenidos.

Es por ello que desde la Universidad de La Laguna se ha realizado un libro de actividades que pretende tener en cuenta esta nueva situación tecnológica y de juegos para el aprendizaje. En este artículo se detallan dichas actividades, y se realiza una primera valoración del uso de los dispositivos y programas empleados con alumnos del Máster de Formación del profesorado de la Universidad de la Laguna.

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

34

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

2. CONTEXTO

Las tecnologías avanzadas, como las tabletas digitales y las impresoras 3D, son tecnologías que se prevé que puedan ser implementadas de manera generalizada en la educación a corto y medio plazo (Horizon, 2014). Las tabletas digitales y dispositivos móviles son usados por el 30% de los niños españoles de 10 años de edad. A los 12 años, casi el 70% dispone ya de este tipo de tecnología, y a los 14 años el 83% (Cánovas, García de Pablo, Oliaga San Atilano, & Aboy Ferrer, 2014). Uno de los estudios más extensos sobre tabletas “The iPad as a tool for education – a case study” (Heinrich, 2012) demuestra el impacto significativo y muy positivo en la enseñanza y en el aprendizaje de los alumnos.

La utilización de modelos 3D en educación secundaria no ha sido habitual porque los programas necesarios para realizar figuras tridimensionales han sido caros y de difícil aprendizaje (Del Caño, de la Cruz, & Solano, 2007). Sin embargo, en 2006 surge el programa de modelado 3D gratuito SketchUp, que ofrece la posibilidad de introducir al usuario en el modelado 3D con pocos conocimientos y en poco tiempo. Otro ejemplo de programa gratuito de modelado 3D, es la suite 123D, desarrollada por Autodesk en el año 2010. Esta suite es un conjunto de seis aplicaciones y programas gratuitos, muy sencillos de aprender a manejar y que pueden ser utilizadas en ordenadores y dispositivos móviles.

Junto con las aplicaciones de modelado 3D también han surgido galerías 3D en internet. Sitios donde los interesados pueden compartir sus propias creaciones o disponer de la posibilidad de descargarse modelos que han creado otros usuarios. En estas páginas web se puede descargar patrimonio escultórico de manera gratuita, como por ejemplo el David de Miguel Ángel (Figura 1). Esta escultura se puede visualizar en dispositivos móviles, editar en programas de modelado o imprimir en una impresora 3D.

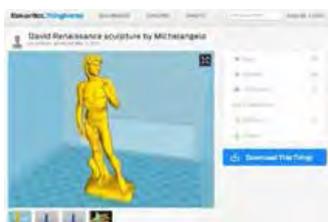


Figura 1: Modelo 3D del David de Miguel Ángel descargable en Thingiverse. (Imagen de la web: <http://www.thingiverse.com/>)

La fabricación digital, entendida como la posibilidad de generar modelos 3D y transformarlos en maquetas reales está sufriendo una drástica reducción de precios en los últimos años. Tanto los escáneres 3D como las impresoras han pasado de valer decenas de miles de euros a precios alrededor de mil euros. La aparición de estas tecnologías de fabricación de bajo coste permite a los centros educativos disponer de ellas y

utilizarla en su docencia (Saorín J., de la Torre Cantero, Meier, Melián Díaz, & Drago Díaz, 2015). Por lo tanto, una vez superado la barrera del precio, es necesario disponer de metodologías y recursos docentes que nos permitan sacar partido de los programas de modelado 3D gratuitos, los escáneres e impresoras 3D de bajo coste en entornos educativos.

3. DESCRIPCIÓN

En este artículo, se presentan una serie de actividades para introducir el patrimonio escultórico en el aula mediante las tecnologías avanzadas de bajo coste. Dichas actividades, están recopiladas en el libro, “El patrimonio en el aula: Actividades con tecnologías de bajo coste, modelado e impresión 3D”. Dicho libro es gratuito y está disponible para su descarga (Meier, Saorín, de la Torre Cantero, & Melián Díaz, 2015).

Este libro presenta trece actividades para introducir el patrimonio escultórico en el aula, usando tecnologías accesibles en un centro educativo (Figura 2). Dichas tecnologías son tabletas digitales, ordenadores e impresoras 3D, aunque también se presentan otro tipo de actividades lúdicas y de carácter manual, posibles de realizar sin el uso de tecnologías. Los ejercicios están abiertos a ser realizados con cualquier escultura, objeto, monumento arquitectónico, etc. en cualquier lugar y por cualquier persona.



Figura 2: Estructura del libro

Cada tema, contiene tutoriales detallados con los pasos a seguir en cada actividad, facilitando su uso a profesores de

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por:	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
	En nombre de CECILE MEIER	
	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	19/12/2016 10:05:16
	En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	
	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	13/01/2017 15:36:49
	En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	

educación plástica y visual, pero también, haciéndolo adecuado para otras asignaturas. Además, los contenidos y actividades están adaptados para personas sin experiencia previa en el uso de aplicaciones y programas de modelado 3D.

Durante la fase de estudio, hemos analizado un amplio abanico de aplicaciones y programas en diversos dispositivos, eligiendo los espacios de fabricación digital más adecuados para cada actividad. Dicha selección, está basada en la facilidad de uso, su gratuidad de descarga y compatibilidad con otros con programas y con la impresión en 3D. En este sentido, hemos de ser conscientes de que las aplicaciones y programas se actualizan continuamente y pueden cambiar algunos aspectos funciones o herramientas, en relación con los tutoriales.

En el libro se recomiendan una serie de aplicaciones y programas, que se consideran adecuados para cada actividad, aunque hay disponibles en el mercado otras aplicaciones similares con las que se pueden trabajar, el uso o no de las aplicaciones propuestas dependerá de los gustos o familiaridad que se tenga de cada una. En este sentido, muchas de las aplicaciones que se usan son de la empresa Autodesk, conocida sobre todo por programas de modelado avanzado para ingeniería, pero que ha creado una serie de herramientas de modelado digital gratuitas, muy sencillas e intuitivas, pensadas especialmente para educación secundaria.

Las actividades están agrupadas en cuatro bloques generales, relacionados con la fabricación digital denominados de Átomo A Bit (creación digital), Del Bit Al Bit (edición digital), Del Bit Al Átomo (fabricación digital) y Entre Átomos (Actividades lúdicas). El término átomo se refiere a cualquier cosa física que podamos tocar, como una escultura de verdad de piedra o metal, así como una escultura impresa en 3D en plástico. El término bit se refiere a archivos o elementos digitales, editados o creados en el ordenador.

Así la primera parte trabaja del átomo al bit. Es decir de una escultura física a su transformación a un archivo digital, llamado también digitalización. La segunda parte, de bit a bit, se refiere a la interacción en espacios digitales como tabletas, Smartphones u ordenadores. A continuación el apartado llamado del bit al átomo trabaja el proceso de crear un modelo real a partir de un archivo digital. Y por último, la parte denominada entre átomos, describe actividades y juegos a realizar solo con elementos que podamos tocar y manipular con las manos.

A. Creación digital: Del Átomo Al Bit

La creación digital de una escultura, se refiere a crear un modelo 3D en el ordenador o tableta de una obra real. En el libro se describen tres procesos diferentes, posibles de realizar en un entorno educativo. Por un lado la Fotogrametría, es decir, creación automática de un modelo 3D a partir de varias fotografías de un objeto. Para esto se propone como ejemplo la

aplicación 123D Catch de la empresa Autodesk. Está disponible para ordenador, Smartphone y tableta digital y es de descarga gratuita. Es adecuada para objetos o esculturas de formas orgánicas de un tamaño desde 20 cm hasta 2 metros. Es necesario realizar de 20 a 60 fotografías de todos los ángulos de la escultura y el programa construye un objeto 3D a partir de éstas imágenes.

Para la digitalización también se puede usar un escáner 3D manual. Existen escáneres 3D (Structure Sensor) de bajo coste que funcionan acoplados a una tableta digital o un ordenador y son adecuados para entornos escolares (Figura 3). Son capaces de escanear una escultura u objeto en menos de un minuto y generan un resultado fiable.



Figura 3: Escáner 3D para la tableta digital

Otra posibilidad de creación digital de una escultura es la de usar un programa de modelado 3D. Existen muchos programas, pero en este libro y pensando en la enseñanza secundaria se ha escogido Skechup debido a que es gratuito, sencillo y sirve para modelar esculturas de geometrías básicas (paralelepípedos, cilindros...).

B. Edición digital: Del Bit Al Bit

El propósito de la edición digital es trabajar en entornos de visualización de figuras 3D en dispositivos digitales y manipulación de mallas tridimensionales en entornos digitales. Podemos descargar y ver modelos 3D de internet, o ver los modelos digitales que hemos creado, en aplicaciones de visualización tridimensional. Estas aplicaciones son interactivas y permiten rotar los modelos en cualquier dirección y así conocer una escultura en sus tres dimensiones, en vez de solo en una fotografía plana (Figura 4). Los alumnos pueden, por ejemplo, visualizar una escultura en su teléfono móvil o tableta e interactuar con ella y usar un modelo digital tridimensional para el dibujo.

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

36

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Figura 4: Manipulación de esculturas en entornos digitales

Además de un visor 3D, para la edición digital, se proponen dos aplicaciones, una de modelado de carácter geométrico (Formit) y otra de carácter orgánico (123D Sculpt+) para trabajar alrededor de las esculturas. Estas aplicaciones funcionan de manera intuitiva, cuentan con un entorno adaptado para niños y requieren una curva de aprendizaje corta. Las actividades de edición digital están más enfocadas a la interpretación de las esculturas, trabajo con la silueta o los diferentes puntos de vista de un elemento tridimensional para conocer las obras y ejercitar la observación de los alumnos. El resultado final también es un modelo 3D que se puede imprimir.

Por último se describe una actividad para el programa de ordenador Meshmixer. Este programa gratuito, es muy potente para editar, crear, trabajar o combinar archivos 3D pero requiere tiempo de aprendizaje para manejarlo en su totalidad. La actividad solo explica tres funciones básicas que consisten en combinar dos figuras diferentes (Figura 5).



Figura 5: Fusión de dos Modelos 3D mediante Meshmixer

C. Fabricación digital: Del Bit Al Átomo

La fabricación digital es la creación física de los modelos digitales. Para la fabricación digital se pueden usar impresoras 3D que imprimen en un plástico termofusible. Transforman los modelos digitales, que hayamos creado o descargado de internet, en figuras de plástico manejables. Otra posibilidad es realizar las figuras con técnicas manuales. Para esto, en el libro, se explica el uso del programa 123D Make. Transforma los archivos tridimensionales en plantillas para imprimir en papel. Estas plantillas sirven para recortar secciones en cartón y montar una escultura a mano mediante rebanadas apiladas (Figura 6).



Figura 6: Montaje mediante secciones apiladas de goma eva

También se puede crear una tarjeta pop up. Esto es una actividad que se puede realizar solo con papel, colores y unas tijeras. Se consigue un elemento tridimensional a partir de una silueta o punto de vista de una escultura.

D. Actividades lúdicas: Entre Átomos

Por último, en el libro se proponen tres actividades lúdicas para estudiar y conocer los nombres de esculturas, además de sus respectivos autores y la ubicación en el mapa. Son juegos tradicionales como el "Memory", que se puede crear en un aula usando papel y colores. Sirven para dar a conocer varias esculturas de forma lúdica.

Otro juego que se propone es ubicar las esculturas impresas en 3D o en formato de carta en un mapa (Figura 7). Si disponemos de varias esculturas impresas en 3D también se puede jugar con el tacto. En actividades de reconocer las esculturas solo con tocarlas, o dibujarlas sin visualizarlas y que los compañeros las reconozcan a través de ese dibujo.



Figura 7: Juego para posicionar las esculturas en un mapa

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

37

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

E. Encuesta de opinión

En Febrero de 2015 se realizó una experiencia con 11 alumnos del “Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas”. Pertenecientes a la especialidad de Dibujo, Diseño y Artes Plásticas. Estos alumnos no serían los destinatarios naturales de estas actividades, pero esta experiencia nos sirve para tener una primera valoración sobre las tecnologías empleadas.

La experiencia tuvo una duración de dos horas y en ella se presentaron a los alumnos en total 8 actividades diferentes. No se realizaron actividades de fabricación digital ya que no se disponía del tiempo necesario para llevar a cabo dichas actividades. Una vez explicados los ejercicios a realizar, los alumnos, en grupos de 2 o 3 alumnos, llevaron a cabo dichas actividades, dedicando a cada una de ellas entre 10 y 15 minutos. A continuación contestaron un cuestionario, valorando como futuros profesores las tecnologías empleadas (tabla 1).

4. RESULTADOS

Las preguntas se puntuaban de acuerdo a una escala Likert de 1 a 5 donde 5 era totalmente de acuerdo y 1 totalmente en desacuerdo. Los resultados de la misma pueden verse en la tabla 1.

Tabla 1
Resultados de la encuesta sobre los dispositivos y programas empleadas para las actividades de Patrimonio escultórico en el aula

Del Átomo al Bit	
El programa 123D Catch me parece sencillo de utilizar para generar modelos 3D a partir de fotografías	4,36
La aplicación 123D Catch me parece útil para la enseñanza del patrimonio escultórico	4,64
Me resulta muy interesante poder escanear en muy poco tiempo un objeto o una persona en 3D con el Structure Sensor	3,91
Me parece interesante disponer de un escáner 3D en entornos educativos	4,82
Del Bit al átomo	
La aplicación Formit me parece sencilla de utilizar	3,64
Crear un llavero con la aplicación Formit me parece una actividad adecuada para conocer una de las esculturas	3,91
Sculpt+ me parece una aplicación sencilla de utilizar	3,45
Meshmixer me ha resultado sencilla de utilizar	3,36
La actividad propuesta con Meshmixer me parece interesante para empezar a utilizar un programa de modelado 3D.	3,64

Del Bit al átomo	
Me gustaría disponer de una impresora 3D para la enseñanza de la asignatura de Dibujo, Diseño y Artes Plásticas	4,73
Entre Átomos	
El uso de juegos para la enseñanza es un buen recurso	4,73
Usar juegos para el aprendizaje de las esculturas me parece interesante	4,55
Aprenderse los lugares de las esculturas mediante un juego sobre un mapa me parece muy entretenido	4,09
Pienso usar actividades lúdicas y juegos para impartir clases en un futuro.	4,73

5. CONCLUSIONES

La mayoría de las tecnologías propuestas para la realización de actividades del libro descrito en este artículo han sido bien valoradas por los alumnos del máster de formación del profesorado.

Las aplicaciones que permiten convertir un objeto real en un modelo digital (123D Catch y el escáner 3D) se han percibido como sencillas de utilizar y útiles para la enseñanza del patrimonio escultórico en centros escolares. (Destaca el resultado de 4,82 sobre 5 indicando que debería de existir un escáner 3D en centros escolares).

Las aplicaciones para editar modelos tridimensionales (Formit, 123D Sculpt+ y Meshmixer) se han valorado positivamente (por encima de 3 sobre 5), pero no obtienen las mismas valoraciones que las aplicaciones anteriores. Esto puede deberse a la falta de tiempo para poder acostumbrarse al manejo de la aplicación.

Aunque no se realizó ninguna actividad de fabricación los participantes indican que les gustaría disponer de una impresora 3D para la enseñanza del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas (4,73 sobre 5).

Todos los juegos planteados han sido valorados muy positivamente (por encima de 4 sobre 5).

Debido a que el número de participantes es pequeño (11 alumnos) hay que entender el resultado del cuestionario como conclusiones preliminares.

Una vez valoradas estas tecnologías queda como futuro trabajo realizar las actividades en entornos escolares que permitan valorar la adquisición de contenidos o competencias tanto transversales como más específicas, con un número adecuado de participantes para extraer conclusiones definitivas.

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA

III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

38

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación concedida a la ULL por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, cofinanciada en un 85% por el Fondo Social Europeo.

REFERENCIAS

- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development. Trieste, Italy: ICTP.
- Cánovas, G., García de Pablo, A., Oliaga San Atilano, A., & Aboy Ferrer, I. (2014). Menores de Edad y Conectividad Móvil en España: Tablet y Smartphones".
- Caño, A. d., de la Cruz, M., & Solano, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción*, 505, 53-71,.
- Eurydice, E. (2009). Educación artística y cultural en el contexto escolar europeo. Bruselas: SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA.
- Heinrich, P. (2012). *The iPad as a tool for education*. Kent: Naace.
- Horizon. (2014). *The Horizon Report Europe: 2014 Schools Edition*. Austin: New Media Consortium.
- Meier, C., Saorín, J., de la Torre Cantero, J., & Melián Díaz, D. (2015). *El patrimonio escultórico en el aula: Actividades con tecnologías de bajo coste, modelado e impresión 3D y gamificación*. La Laguna: Lulu.com. ISBN: 978-1-326-24663-1
- Saorín, J., de la Torre Cantero, J., Meier, C., Melián Díaz, D., & Drago Díaz, M. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, individuo y Sociedad*, pendiente de publicación.
- UNESCO. (2006). *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972*. Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial 1972 (pág. 245). Francia: UNESCO.

Octubre 14-16, 2015, Madrid, ESPAÑA
III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)

39

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

12. Libro

Innovación docente para convencidos (VI Jornadas de Innovación Educativa ULL).

Capítulo: Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil.

Noviembre 2016

ISBN: 978-84-617-6450-1

Carolina Castillo Ruiz, José Luis Saorín Pérez, Cecile Meier, María Esther Mar-tín González, Cristo M. García Gotera y Penélope Cruzado-Caballero

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

INNOVACIÓN DOCENTE PARA CONVENCIDOS

VI JORNADAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ULL | Universidad
de La Laguna

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Edita

Vicerrectorado de Docencia.
Formación del Profesorado e Innovación Docente
de la Universidad de La Laguna.

La Laguna 2016

Coordinadoras
Ana VEGA NAVARRO
Jacqueline O'DWYER ACOSTA

Diseño
Elena ALEGRET RAMOS

Editado en Tenerife, Islas Canarias (España) bajo Licencia
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartirigual



«Distribuido bajo los términos de licencia Creative Commons 'Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 3.0 Unported' que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra de manera inalterada, respetando el reconocimiento a los autores, y sin uso comercial de ésta».

ISBN 978-84-617-6450-1

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

5

CREACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE TRIDIMENSIONALES PARA LA DOCENCIA DEL REGISTRO FÓSIL

THE CREATION OF THREE-DIMENSIONAL LEARNING OBJECTS FOR TEACHING THE FOSSIL RECORD

Carolina Castillo Ruiz

ccruz@ull.edu.es

José Luis Saorín Pérez

jlsaorin@ull.es

Cecile Meier

cecile.eme@hotmail.es

Cristo M. García Gotera

cmgotera@ull.es

Universidad de La Laguna

María Esther Martín González

mmartin@museosdetenerife.org

Museo de la naturaleza y El Hombre

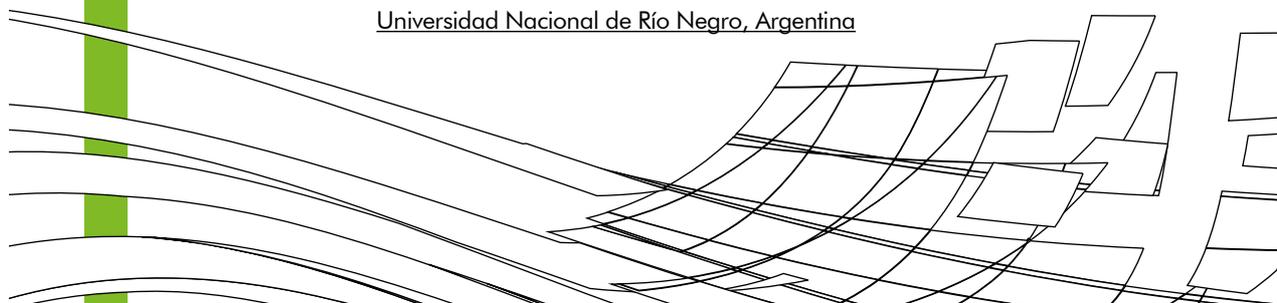
de Santa Cruz, España

Penélope Cruzado-Caballero

pccaballero@unrn.edu.es

Universidad de La Laguna, España.

Universidad Nacional de Río Negro, Argentina



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

RESUMEN

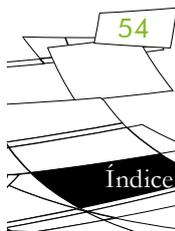
La aplicación de las tecnologías modernas de digitalización, modelización y replicación en 3D ha revolucionado en mundo de la Paleontología y la forma de transmitir conceptos complejos, como el de evolución o cambio climático. En este contexto, el Área de Paleontología de la Universidad de La Laguna está promoviendo la creación de una colección de modelos digitales de fósiles con una aplicación educativa y divulgativa. Por ello se ha elaborado un objeto de aprendizaje tridimensional empleando 18 fósiles marinos del Neógeno y Cuaternario de las Islas Canarias. Dicho objeto es una caja que contiene una réplica en 3D de un fósil característico (*Persististrombus latus*); dos códigos QR para la descarga de un visor de Realidad Aumentada (AR-Media Player) y para acceder a las instrucciones y contenidos educativos elaborados (caja, archivos para impresión 3D, prototipo de libro electrónico y modelos 3D); y un elemento de realidad aumentada que permite visualizar el fósil replicado. Este objeto está orientado a la formación y mejora de las competencias básicas del alumnado y/o del profesorado, y a favorecer el trabajo continuo del estudiante de acuerdo con el concepto de crédito ECTS. El objeto fue presentado a alumnos universitarios y en ferias de vocaciones científicas e innovación en Tenerife. Además se realizaron varias encuestas al alumnado acerca de la posibilidad del empleo del objeto de aprendizaje en la asignatura de Paleontología y su opinión sobre el mismo. En todos los casos (alumnos y ferias) se obtuvo un gran interés por el objeto elaborado.

PALABRAS CLAVE: Objeto de aprendizaje, realidad aumentada, réplicas 3D, Libro multimedia, Registro Fósil, Islas Canarias

ABSTRACT

The new technologies of digitalization, modelling and 3D replication/printing have revolutionized the world of palaeontology and how we communicate complex concepts like evolution or climate change. In this context, the Palaeontology Area at La Laguna University is promoting the creation of a collection of digital models of fossils with educational and informative applications. A three-dimensional learning object has been developed using eighteen marine fossils from the Neogene and Holocene in the Canary Islands. This unit is a box containing a 3D replica of a typical fossil (*Persististrombus latus*), two QR codes to download the Augmented Reality application (AR-Media Player) and to access the instructions and educational content (box, files to print in 3D, e-book prototype and 3D models), and an augmented reality element to visualize the fossil replica. This unit is aimed at training and improving the basic skills of students and/or teachers, and to promote continuous student work according to the concept of ECTS credits. The object was presented to university students and in careers and innovation fairs in Tenerife. In addition, several surveys were conducted among students on the use of the learning object in palaeontology classes and their opinion on this. In all cases (students and fairs), great interest in the subject was expressed.

KEYWORDS: Learning object, augmented reality, 3D replicas, multimedia book, fossil record, Canary Island



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Paleontología es una ciencia que despierta gran curiosidad e interés por su objeto de estudio, el Registro Fósil, que incluye desde las primeras evidencias de la vida sobre la Tierra hasta el Holoceno. Los datos de los estudios paleontológicos contienen un gran valor científico y forman parte de temas de gran actualidad, como pueden ser el estudio del cambio climático global (Zachos et al., 2001, 2008), el origen de nuestra especie (Stringer & Buck, 2014) y la conservación de la Biodiversidad (Dietl & Flessa, 2011). Pero los fósiles, tienen además un elevado valor sociocultural y socioeconómico por ser considerados como Patrimonio Paleontológico (Castillo et al., 1999, 2001, 2015a; Alcalá 2011; Alcalá et al., 2012; Padrón et al., 2015; Henriques & Penas Dos Reis, 2015). Habitualmente los paleontólogos han empleado libros con ilustraciones, fichas de reconocimiento bioestratigráfico de fósiles, guías, exposiciones y rutas de museos y colecciones paleontológicas para ayudarse a llevar al público en general el conocimiento obtenido tras el estudio del Registro Fósil (Castillo et al., en preparación). Con el inicio del nuevo milenio la Paleontología se ha visto renovada con la incorporación de técnicas de escaneado, digitalización y realización de modelos y réplicas en 3D procedentes de otras disciplinas (medicina, arquitectura, etc.; Rahman et al., 2012). El empleo de estas técnicas ha demostrado que los modelos digitales de fósiles generados son muy eficaces en la comunicación al público general de conceptos complejos o técnicos, convirtiéndose en un recurso educativo transversal (Bates et al., 2009; Reynolds, 2010; Castillo et al., 2015b).

En la sociedad actual, también denominada como sociedad de la información, el conocimiento se produce y se renueva a grandes velocidades, por lo que parece oportuno introducir a los estudiantes universitarios en nuevas modalidades de aprender y de acceder al conocimiento a través del uso de las tecnologías a las que están habituados (Chiecher et al., 2005). Una de estas modalidades que parece tener aceptación en la enseñanza es la creación de objetos de aprendizaje. Son recursos digitales, cuya característica principal es que pueden ser utilizados y reutilizados para apoyar el aprendizaje (Wiley, 2000; Boyle, 2003; Maceiras et al., 2010; Raspopovic et al., 2016, y citas incluidas).

En este contexto se ha planteado el diseño y la elaboración de nuevos materiales educativos, que se presentan en este trabajo en forma de objeto de aprendizaje tridimensional, que combina varios formatos: ejercicios en pdf, construibles, réplicas en 3D y multimedia (Fig. 1). Para ello hemos seleccionado, escaneado y creado modelos 3D de un conjunto de fósiles representativos de los depósitos marinos del Neógeno y Cuaternario de Canarias (últimos 23 millones de años), procedentes de las prácticas docentes de los alumnos de 4º curso del Grado de Biología de la Universidad de La Laguna (Tenerife, España). Estos nuevos materiales están orientados a la formación y mejora de competencias básicas del alumnado o del propio profesorado sobre el estudio del Registro Fósil, y al desarrollo de estrategias que favorezcan el trabajo continuo del estudiante de acuerdo con el concepto de ECTS. La ventaja de ese método de aprendizaje es que los alumnos pueden disponer de dichos materiales siempre que lo necesiten, y en cualquier lugar con sus dispositivos móviles.

55

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



Fig. 1. Hipótesis de trabajo. A) Punto de partida: recursos paleontológicos de Canarias. B) Selección de fósiles que permiten reconocer los depósitos marinos del Neógeno y Cuaternario. C) Aplicación de las técnicas de digitalización y modelado en 3D de los fósiles con valor bioestratigráfico (correlacionar en edad) y paleoclimatológico (indica ambiente de aguas cálidas, tropicales). D) Elaboración y presentación del objeto de aprendizaje (a) que incluye los nuevos materiales educativos, b) pop-up, c) modelo 3D, d) réplica 3D, e) realidad aumentada y f) multimedia.

METODOLOGÍA

A) SELECCIÓN DE LOS FÓSILES

Para nuestro estudio hemos seleccionado un total de 18 fósiles marinos característicos de los depósitos costeros del Neógeno y Cuaternario de las Islas Canarias (Tabla 1, Fig. 2). Este material está depositado en la colección de prácticas del Área de Paleontología del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de la Sección de Biología de la Universidad de La Laguna. Estos fósiles pertenecen a dos grupos zoológicos (Moluscos y Artrópodos) y a uno botánico (Algas calcáreas; Tabla 1). Desde el punto de vista científico se han elegido por su valor bioestratigráfico, es decir por ser fósiles zonadores o fósiles guía de un periodo de tiempo concreto y/o por su interés paleoclimatológico. Algunas de las especies parecen haber tenido una distribución restringida a Canarias como el cirrípedo del género *Tetraclita* (Fig. 2B-2). Otros en cambio, como la mayoría de los moluscos han tenido una distribución amplia, alcanzando las costas atlánticas y la cuenca del Mediterráneo, como el género *Strombus*, que hoy en día se conoce con el nombre de *Persististrombus* (Fig. 2A). Otro criterio de selección de los fósiles ha sido que fueran comunes y fácilmente reconocibles en el campo y laboratorio por su morfología (Fig. 2), de modo que se puedan encontrar en muchas colecciones de centros educativos, por ejemplo, *Persististrombus latus* (= *Strombus bubonius*) (Fig. 2A). Todos ellos forman parte del

56

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

patrimonio paleontológico de Canarias, por lo cual además del valor científico resaltado, también tienen valor sociocultural y socioeconómico.

Por otro lado, los fósiles utilizados presentan texturas, tamaños y morfologías variadas. Muchas de las conchas aparecen además fragmentadas debido a su proceso de fosilización. Estas variaciones físicas en los fósiles (Fig. 2) permiten valorar el grado de dificultad en el escaneado y la digitalización de los objetos, y la calidad del resultado final de los modelos 3D.

TABLA 1. FÓSILES ESCANEADOS EN TRES DIMENSIONES DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO DE CANARIAS. *ENDÉMICA DE CANARIAS. **CONOCIDA HASTA AHORA COMO STROMBUS BUBONIUS LAMARCK, 1822.

SISTEMÁTICA DE LAS ESPECIES FÓSILES MARINAS SELECCIONADAS	NEÓGENO	CUATERNARIO
Phylum ARTHROPODA		
Familia Tetracitidae Gruvel, 1903		
*Tetracita sp. (Lamarck, 1818)	X	
Phylum MOLLUSCA		
Clase Bivalvia Linnaeus, 1758		
Familia Ostreidae Rafinesque, 1815		
Saccostrea cucullata (Born, 1778)	X	
Familia Veneroidea Rafinesque, 1815		
Venus verrucosa Linnaeus, 1758		X
Familia Pectinoidea Rafinesque, 1815		
Pecten jacobaeus (Linnaeus, 1758)	X	
Clase Gastropoda Cuvier, 1795		
Familia Patellidae Rafinesque, 1815		
Patella crenata d'Orbigny, 1840		X
Familia Cerithiidae Fleming, 1822		
Cerithium vulgatum Bruguière, 1972	X	
Familia Vermetidae Rafinesque, 1815		
Dendropoma petraeum (Monterosato, 1884)		X
Familia Cypraeidae Rafinesque, 1815		
Erosaria spurca (Linnaeus, 1758)		X
Familia Strombidae Rafinesque, 1815		
** Persististrombus latus (Gmelin, 1791)		X
Familia Ranellidae Gray, 1854		
Charonia lampas (Linnaeus, 1758)		X
Cymatium trigonum (Gmelin, 1791)		X
Familia Bursidae Gray, 1854		
Bursa scrobilator (Linnaeus, 1758)		X
Familia Muricidae Gray, 1854		
Hexaplex trunculus (Linnaeus, 1758)		X
Stramonita haemastoma (Linnaeus, 1767)		X
Familia Bucinidae Gray, 1854		
Cantharus viverratus (Kiener, 1834)		X
Familia Mitridae Gray, 1854		
Mitra zonata Marryat, 1818		X
Mitra fusca Pallary, 1900		X
Reino PLANTAE		
Phylum RHODOPHYTA Wettstein, 1901		
Clase Florideophyceae Cronquist, 1960		
Familia Corallinaceae Lamouroux, 1812		
Rodolitos (Algas calcáreas)	X	X

57

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Fig. 2. A-D: Algunos de los fósiles escaneados en 3D *in situ* en los yacimientos del Neógeno y Cuaternario de Canarias. A. Fósiles del gasterópodo marino *Persististrombus latus* (1) del yacimiento Cuaternario Bien de Interés Cultural (B.I.C.) de Matas Blancas en Fuerteventura. B. Fósiles del artrópodo del género *Tetraclita* (2) y el molusco bivalvo *Crasostrea* (3) del depósito de la Playa del Valle en Fuerteventura. C. Concentración de rodolitos de gran tamaño (4) del yacimiento del Aljibe de la Cueva del Neógeno de Fuerteventura. Nótese la forma redondeada y la textura externa grumosa de esta alga calcificada para su escaneo en 3D. D. Fósil del gasterópodo marino *Charonia lampas* del yacimiento Cuaternario B.I.C. de la Guirra en Fuerteventura. El fósil está fragmentado longitudinalmente lo que tiene valor didáctico ya que permite ver el interior de una concha, y técnico, pues se puede probar las dificultades técnicas en el escaneo e impresión 3D. E-F: Vista general de los depósitos marinos costeros con gran interés científico y cultural de: A. Playa del Valle, Fuerteventura. B. Playa del Aljibe de la Cueva, Fuerteventura; C. Bahía del Salado, islote de La Graciosa. D. La Guirra, Fuerteventura.

58

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

B) TECNOLOGÍA EMPLEADAS

Para la elaboración de los nuevos materiales educativos que conforman el contenido del objeto de aprendizaje tridimensional realizado en este trabajo, se ha usado técnicas de digitalización y modelización en 3D de bajo coste. Estas técnicas se aplicaron con el propósito de evaluar si son factibles para realizar productos de calidad para su práctica en la enseñanza y divulgación de la ciencia paleontológica (Castillo et al., en preparación). En la digitalización de los fósiles se ha empleado el escáner láser Makerbot Digitizer (Fig. 3A), al ser el más adecuado al pequeño tamaño y forma de los fósiles marinos seleccionados. Este escáner permite obtener imágenes digitales de objetos de un diámetro máximo de 20 cm y de una altura máxima de 20,3 cm. El uso de este dispositivo está pensado para personas sin experiencia con un proceso prácticamente automático y una generación directa de los ficheros STL necesarios en otras aplicaciones. Los ficheros digitales se han tratado con el editor de mallas tridimensionales Meshmixer (Fig. 3B).



Fig. 3. Proceso de creación del modelo 3d de un fósil. A Makerbot Digitizier donde se observa el plato giratorio con el fósil de *Persististrombus latus*, y la figura en proceso de escaneado de forma automática. B. Edición en el programa gratuito Meshmixer del modelo 3D del fósil *Hexaples trunculus* escaneado.

Los ficheros digitales obtenidos están en formato STL y fueron incorporados a un prototipo de libro multimedia y almacenados en un repositorio online para su posterior descarga. El libro multimedia fue diseñado y montado con la aplicación iBooks Author, y contiene texto, fotos y objetos 3D. Por otro lado, la aplicación permite la creación de widgets, una aplicación para personalizar y ampliar los recursos multimedia disponibles en el programa. En este caso se ha utilizado una que permite realizar escritura a mano alzada dentro del propio libro. Con respecto al repositorio online, éste consiste en una base de datos en la nube empleando Google Drive. Este sistema tiene la ventaja de no depender de páginas Web y de simplificar el proceso de creación del repositorio, lo cual es importante en una primera fase de pruebas del material que está en elaboración. Otra ventaja es que se pueden asociar los modelos

59

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

3D a posteriori a otros materiales educativos. Una vez que accedemos a la información online, para visualizar el modelo 3D obtenido de cada pieza fósil, podemos utilizar alguno de los visualizadores gratuitos disponibles para tabletas digitales. Dichos visualizadores nos permiten manipular el objeto para verlo desde todos sus ángulos, así como realizar zoom del mismo para centrarnos en algún detalle concreto. En la figura 4 se puede ver un ejemplo utilizando la aplicación MeshLab. Por último, con los ficheros STL obtenidos en el escáner se realizaron réplicas físicas de los fósiles.



Fig. 4. Manipulación de los modelos 3D digitales creados en este trabajo en tableta digital y Smartphone utilizando un visualizador 3D gratuito.

c) EVALUACIÓN DEL NUEVO MATERIAL EDUCATIVO

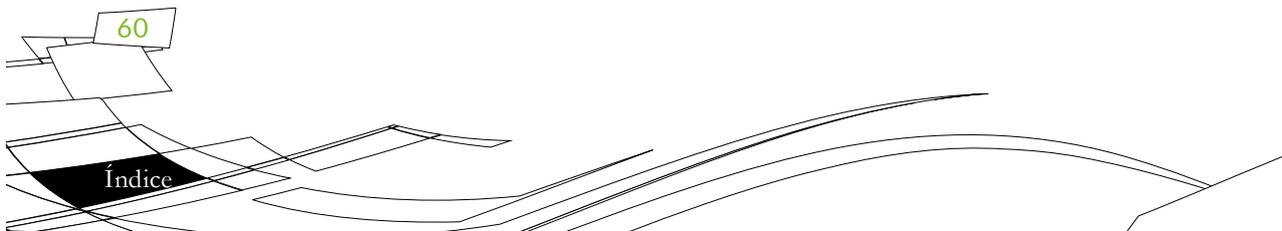
Con objeto de valorar el interés en el entorno educativo universitario y no universitario, sobre la posibilidad de contar con material digital que tuviera contenidos paleontológicos con fines formativos y/o divulgativos, se elaboraron encuestas de opinión de los alumnos y se llevaron los materiales creados a ferias de divulgación e innovación de la ciencia.

El cuestionario se diseñó con una escala tipo Likert de 5 puntos, donde 5 era totalmente de acuerdo y 1 totalmente en desacuerdo. Se pasó, en primera instancia, a los alumnos de 4º de Paleontología del Grado de Biología del curso 2014/15.

RESULTADOS

1) ESCANEADO Y RÉPLICA EN 3D DE LOS FÓSILES MARINOS

La resolución de los modelos 3D de los fósiles marinos obtenidos (precisión de 0,5 mm) permite visualizar la forma general y/o la ornamentación de las conchas de los moluscos (gasterópodos y bivalvos, Fig. 2 y 5) y artrópodos (carrapato) del género *Tetraclita* (ver Fig. 2 B), para su identi-



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

ficación. Algunos detalles se atenúan o se pierden con la técnica aplicada como las líneas de sutura en los gasterópodos (Fig. 5 C), o la presencia de fósiles incrustantes (característica tafonómica) como el observado en el bivalvo *Venus verrucosa* (Fig. 5 D), pero con ayuda de las fotografías se resuelve este problema. En el caso de conchas con muchos recovecos, como el gasterópodo vermético (Fig. 5 F), resultan más difíciles de identificar con la resolución trabajada, al igual que el alga calcárea (ver Fig. 2 C).

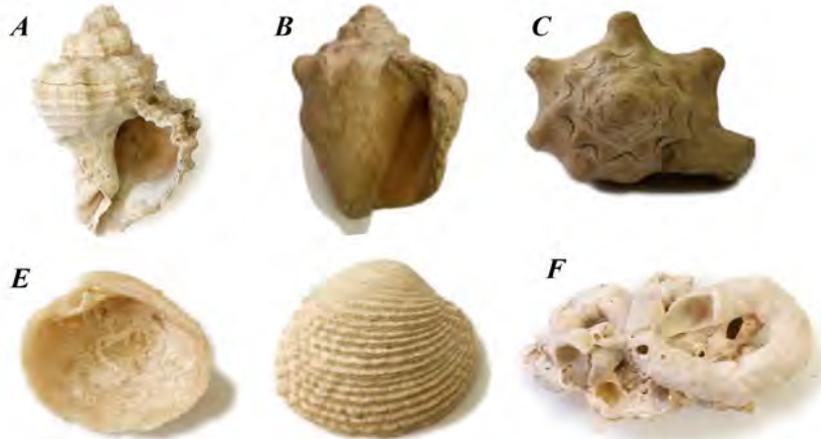
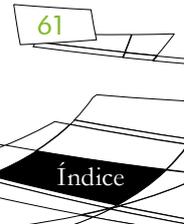


Fig. 5. Diferentes tipos de fósiles escaneados (sin escala). La concha de los gasterópodos marinos como A: *Hexaplex trunculus* y B: *Persististrombus latus*, son adecuadas para su escaneo con tecnología de bajo coste. C. Detalles de la línea de sutura de los gasterópodos ejemplificada en *P. latus*. E. *Venus verrucosa* (Bivalvo), donde se observa restos de organismos incrustantes en el interior de la concha (izquierda) y la morfología externa (derecha). F. Gasterópodo *tubicola* del género *Dendropoma*.

2) OBJETO DE APRENDIZAJE TRIDIMENSIONAL DE FÓSILES DEL NEÓGENO Y CUATERNARIO DE CANARIAS

a) Embalaje o «packaging»

El objeto de aprendizaje tridimensional elaborado se presenta al usuario como un elemento físico, a saber una caja de cartulina de aproximadamente 5,5 cm de largo por 4,5 cm de ancho y 4,6 cm de alto (Fig. 6 A) o un *pop-up* o desplegable (10,5 cm x 14,8 cm) de una concha del fósil *Persististrombus latus*, representativo del Cuaternario marino de Canarias (Fig. 7). El primero es una caja manejable, que en su interior alberga una réplica en 3D, reducida al 50% de su tamaño original de *Persististrombus latus*. Externamente, en la tapa, tiene incorporado un elemento de realidad

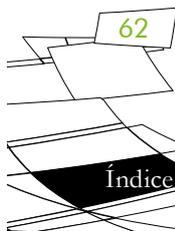


Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

umentada de la concha fósil y en la base tiene dos códigos QR (Fig. 6 B), uno que es un visor de realidad aumentada, y otro que tiene acceso a las instrucciones y contenidos educativos que combinan diversos tipos de materiales: 1) ejercicios para estudiar las partes de una concha tipo de gasterópodo marino y reconocerlas en la concha de *P. latus*; o bien para describir y constatar las diferencias morfológicas entre las especies de gasterópodos fósiles (ver figura 5 A, B y E), que sirven para su identificación; 2) construibles del estuche para la réplica de *Persististrombus latus* (Fig. 6 A), junto con el archivo para obtener dicha réplica en una impresora 3D; y el *pop-up* de dicha especie; 3) multimedia, que incluye un prototipo de libro electrónico con información científica de los fósiles seleccionados que acompañan a *Persististrombus latus* en el Cuaternario o a *P. coronatus* en el Neógeno (ver Tabla 1); y, 4) archivos 3D de todos los fósiles seleccionados para su visualización en los dispositivos móviles o impresión 3D.



Fig. 6. Objeto de aprendizaje tridimensional representado en un fósil del Cuaternario de Canarias: *Persististrombus latus*, un gasterópodo marino con muchos valores científicos, entre los que destacamos el paleoclimatológico (representa un periodo de aguas cálidas con fauna tropical), el bioestratigráfico (que permite datar los terrenos donde aparecen fosilizados) y socioculturales ya que forma parte del patrimonio paleontológico (Padrón et al., 2015). A. Caja de cartulina. En la parte superior de la caja se puede ver por realidad aumentada el fósil que hay en su interior, en este caso una réplica (en PLA o ácido poliláctico de color marrón) al 50% del tamaño original de *P. latus*. B. Construible para fabricar el contenedor del objeto de aprendizaje elaborado. El código QR (derecho) que incorpora permite acceder al libro multimedia, los ficheros en 3D para poder visualizar o imprimir en 3D los fósiles escaneados (18 ejemplares). C. *Pop-up* de *P. latus* con el código QR para acceder a los materiales educativos elaborados. Nótese que los materiales se están actualizando con la incorporación de la nueva nomenclatura taxonómica del fósil zonador.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

b) Prototipo de libro electrónico multimedia

El prototipo de libro multimedia realizado ha sido diseñado como un catálogo de fósiles marinos representativos de la fauna marina del Neógeno y Cuaternario del archipiélago canario; algunos de ellos también se encuentran en cuencas sedimentarias marinas del Atlántico y Mediterráneo peninsular. El libro se divide en varios capítulos (Fig. 7 A): Introducción, Gasterópodos, Bivalvos, Algas calcáreas y Artrópodos. En cada capítulo se detallan las características generales a nivel de familia, dependiendo de cada grupo. La información sobre cada fósil en particular se estructura siguiendo las pautas de las guías de fósiles tradicionales, es decir, se realiza una ficha donde se incluyen su adscripción taxonómica actualizada y varias fotos del mismo en diferentes posiciones (Fig. 7 B). Es en esta ficha como novedad se añade el modelo 3D realizado (Fig. 7 B y C), de tal manera que el lector puede manipular con sus manos el modelo y verlo desde todos los ángulos posibles. Adicionalmente se ha probado la inclusión de dos ejercicios interactivos para reforzar lo aprendido sobre la morfología general de los gasterópodos (Fig. 7 C y D).



Fig. 7. Prototipo de libro multimedia realizado en este proyecto. A. Portada del libro. B. Estructura de una ficha de un fósil (*Charonia lampas*), donde se observa la taxonomía, fotografías del ejemplar escaneado en diferentes vistas y el modelo en 3D interactivo. C. Vista en una tableta digital de la página del libro multimedia correspondiente a *Persististrombus latus*, donde se puede mover el modelo 3D para ver detalles complementarios a las fotografías que son estáticas, y donde se han añadido ejercicios para estudiar la concha (en verde). D. Detalle del ejercicio planteado, que se ha realizado a partir de una aplicación que nos permite escribir el nombre de las estructuras de la concha de un gasterópodo (esquema tomado de Domènech & Martinell, 1996).

63

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

c) Archivos 3D para imprimir y visualizar en ordenador y dispositivos móviles

Se han creado los archivos 3D (en formato STL) de cada uno de los fósiles para poder visualizarlos en un ordenador (Fig. 8 A), en un visualizador de mallas tridimensionales (ver Fig. 3 B) en una tableta digital (ver Fig. 4), o para poder ser reproducido en una impresora 3D (Fig. 8 C).



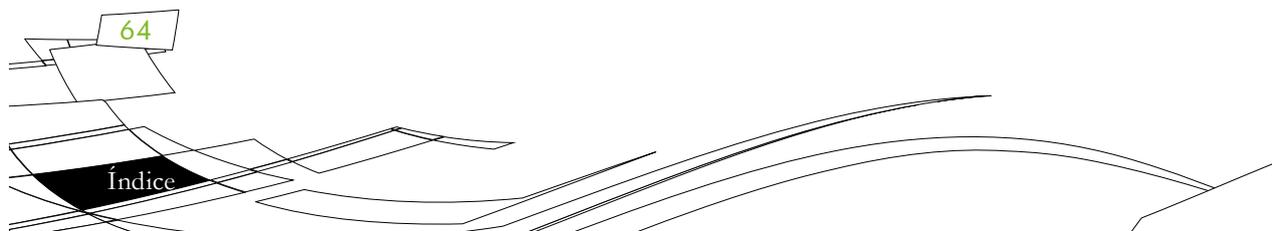
Fig. 8. Distintas formas de visualizar los modelos 3D de los 18 fósiles trabajados. A. Ordenador. B. Realidad aumentada de *P. latus*. C. Réplica de *P. latus* en PLA de color marrón similar al fósil.

d) Archivo de realidad aumentada

Está disponible en realidad aumentada el fósil del gasterópodo marino *P. latus*. Este ejemplar puede ser visualizado en un «Visor de Realidad Aumentada AR-Media Player» a través de una tableta digital o un Smartphone (Fig. 8 B).

3. ENCUESTA DE OPINIÓN EN ENTORNOS EDUCATIVOS Y PÚBLICO EN GENERAL

Los resultados del cuestionario del primer grupo de alumnos encuestados ($n=18$), que nos informan del interés que despierta en los alumnos el uso de materiales digitales de fósiles, se observan en la tabla 2. Casi todos los valores medios de las declaraciones hechas están por encima de 4 (en una escala sobre 5), salvo las preguntas relacionadas con el interés en utilizar sus dispositivos móviles (o tabletas) en el aprendizaje (3,89).



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

TABLA 2: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE OPINIÓN SOBRE EL INTERÉS DEL USO DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA DE PALEONTOLOGÍA (ULL).
N.º DE ALUMNOS ENCUESTADOS= 18, DE ELLOS EL 22 % DISPONEN DE TABLETA DIGITAL Y EL 11% DE IPAD

CUESTIÓN	OPINIÓN (MEDIA)
Me gustaría disponer de contenido digital para el aprendizaje de Paleontología	4,33
Me gustaría disponer de modelos 3D digitales de los fósiles marinos canarios	4,39
Me gustaría poder utilizar mi dispositivo móvil (<i>Smartphone</i>) para el aprendizaje	3,89
Me gustaría disponer de materiales interactivos para el aprendizaje	4,28
Me gustaría utilizar tabletas digitales para el aprendizaje	3,89
Me gustaría tener una impresora 3D en clase para realizar réplicas de fósiles	4,44

Al segundo grupo de alumnos de Paleontología (n=14), se les presentó el material multimedia elaborado e incluido en el objeto de aprendizaje (caja) en una práctica con los fósiles originales (Fig. 9). El conjunto de preguntas (Tabla 3) persigue captar la opinión que tienen los alumnos universitarios sobre el libro multimedia, los modelos en 3D y las réplicas de fósiles, el posible uso de estos recursos y si lo ven como un complemento para su aprendizaje y formación. Los resultados de opinión muestran valores altos de satisfacción, entre 3 y 4 (Tabla 3), aunque menores que las expectativas.



Fig. 9. Alumnos de Paleontología de 4º de Grado de Biología utilizando los materiales del objeto de aprendizaje tridimensional sobre fósiles en una práctica de laboratorio.

65

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

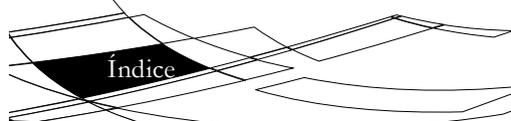
13/01/2017 15:36:49

TABLA 3: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS ALUMNOS DE PALEONTOLOGÍA SOBRE EL OBJETO DE APRENDIZAJE ELABORADO. N.º DE ALUMNOS ENCUESTADOS= 14, DE ELLOS EL 21 % DISPONEN DE TABLETA DIGITAL Y EL 14,2% DE IPAD.

CUESTIÓN	OPINIÓN (MEDIA)
Me resulta fácil e intuitivo interactuar con el objeto de aprendizaje tridimensional	4,00
Me resulta fácil acceder y descargar la información a través del objeto de aprendizaje	3,71
Es posible introducir estos contenidos en mi asignatura con los medios electrónicos de los que dispongo en mi aula (incluyendo mis propios dispositivos móviles)	3,36
Me gustaría aprender con este material multimedia en otras asignaturas de mi carrera	3,85
El objeto de aprendizaje multimedia sobre los fósiles mejora mi aprendizaje del tema	3,54
El uso del objeto de aprendizaje tridimensional aumenta mi motivación en la asignatura.	3,23

El objeto de aprendizaje tridimensional también fue presentado y evaluado por los alumnos de 1º de Grado de Biología (Castillo et al., en preparación). En este caso, los valores medios de las declaraciones planteadas por los alumnos superaron el 4 en la escala de valoración sobre 5, en todos los ítems, con un rango entre 4,14 (puntuación mínima) y 4,56 (puntuación máxima), que corresponden al ítem sobre la posibilidad de realizar ejercicios directamente sobre el libro y el deseo de disponer de este tipo de libros con modelos 3D en otras asignaturas de la carrera, respectivamente. El promedio de alumnos encuestados que disponen de un *Smartphone* con conexión a Internet es del 90%, mientras que el 45,71% tienen tableta digital.

Por otro lado, todo el material educativo se presentó en la I Feria de Vocaciones Científicas y Profesionales de Canarias (Fig. 10 A y B), que tuvo lugar los días 16 y 17 de octubre de 2014 en San Cristóbal de La Laguna. Esta feria fue organizada por La Universidad de La Laguna y su Fundación General dentro el proyecto «Acciones para el fomento de las vocaciones científicas y profesionales del alumnado de la isla de Tenerife». Los construibles (caja y pop-up) y materiales digitales se expusieron y explicaron en una carpa donde se incluyó la exposición de los fósiles reales y las réplicas en PLA. La presentación se hizo a los alumnos de secundaria de distintos colegios que participaron en la Feria, y al público en general que acudió al evento. Tanto alumnos como profesores, y público en general mostraron gran interés por los



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

materiales elaborados. Los materiales fueron también expuestos en el fi2. Foro de innovación de Canarias, con el eslogan de «Todo conecta» (Fig. 10 C y D). Este evento reunió a muchas empresas de Canarias, grupos de investigación de la Universidad de La Laguna y grupos de alumnos de bachillerato. Se celebró en Santa Cruz en las instalaciones del TEA, entre los días 22 y 23 de enero de 2015. En el escaparate que presentó el Área de Paleontología de la Universidad de La Laguna también se incluyó el objeto de aprendizaje tridimensional sobre *Persististrombus latus*, el libro multimedia y los modelos 3D y réplicas 3D de muchos de los fósiles escaneados representativos de Canarias. Como en el caso anterior los materiales creados tuvieron una buena acogida por el público.



Fig. 10. A. Carpa de la I Feria de Vocaciones Científicas y Profesionales donde se muestran los fósiles originales y el objeto de aprendizaje tridimensional elaborado que incluye el libro multimedia, modelos y réplicas en 3D y realidad virtual. B. Integrantes del proyecto explicando a los alumnos de bachillerato los productos creados. C y D. Escaparate de fi2 Foro de innovación de Canarias de enero de 2015, donde se observan los fósiles originales y diversas réplicas en 3D a tamaño original y reducidas de los fósiles escaneados. Los integrantes del proyecto explicaron a los visitantes las técnicas de digitalización en 3D utilizadas para estudiar y divulgar el rico Registro Fósil de Canarias.

67

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

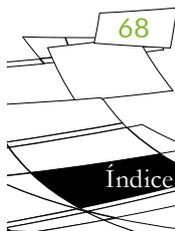
19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se ha mostrado se puede conseguir nuevos materiales educativos y/o divulgativos paleontológicos usando tecnologías de bajo coste y programas y aplicaciones gratuitas o de libre acceso que sean asequibles a personas sin elevados conocimientos tecnológicos (Castillo et al., en preparación). Los resultados de las encuestas de opinión muestran que los alumnos universitarios tienen un alto interés (Tabla 2 y 3) por los materiales educativos multimedia. La alta valoración por los alumnos y la buena acogida en las ferias de divulgación de la ciencia del objeto de aprendizaje tridimensional elaborado (libro multimedia, modelos y replicas 3D, etc.), puede ser debido a varios factores. Un ejemplo de esto es el prototipo de libro multimedia realizado, el cual presenta una serie de características como: 1) su interactividad, 2) ramificación de los datos, 3) transparencia y 4) navegación. También presenta beneficios educativos propios de las aplicaciones multimedia, como son la información multisensorial, la motivación del usuario y su facilidad de uso (Área Moreira, 2009). Otra de las razones de la alta valoración de los ítems por los alumnos, se puede deber a la novedad que supone la incorporación de los modelos 3D de los fósiles en el libro. Al trabajar con sistemas multimedia que incluyen texto, imágenes y modelos 3D en un mismo documento, se incrementa la retención de lo aprendido durante más tiempo (Clark, 2001) y la combinación de dichos objetos de aprendizaje en un mismo documento produce un producto atractivo y eficiente para los usuarios. Según Kwok (2012) se ha visto un crecimiento en el interés de los alumnos universitarios por los e-Books, fomentado desde la aparición de la aplicación gratuita *iBooks Author* de Apple. En nuestro caso de estudio los resultados positivos de las encuestas también pueden ser explicados por el éxito en las aulas de la aplicación de las tecnologías avanzadas mencionadas en el «Informe Horizonte» (Johnson et al., 2014) y que marcan las tendencias en educación a nivel internacional. En dicho informe se prevé el uso de dispositivos móviles (tabletas y *Smartphone*) por parte de los alumnos en la enseñanza, como se puede ver en los resultados de las encuestas donde la tendencia es más acusada en los alumnos de 1º que en los de 4º curso. Dicha diferencia puede ser explicada por el hecho de que los primeros presentan una mayor digitalización en sus vidas (el 90% disponen de un teléfono con conexión a Internet y el 45 % de una tableta digital), mientras que los segundos la digitalización no es tan acusada (35,2 % tienen tableta digital). El conjunto de datos obtenidos en las encuestas nos indican, que aunque es necesario realizar más encuestas y test del uso de los objetos de aprendizaje por parte del alumnado, el empleo de dichos objetos en dispositivos móviles tiene un creciente interés y suponen un interesante apoyo para la enseñanza de ciencias visuales como puede ser la Paleontología.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

Otros aspectos a tener en cuenta son las ventajas de incluir ejemplos de realidad aumentada, que permiten el descubrimiento de información enlazando con el mundo real (Martínez et al., 2016), y características de los Objetos de Aprendizaje, como es la posibilidad de reutilizar recursos para atender a diversas situaciones educativas (Morales Morgado, 2010; Morales Morgado et al., 2013). Aunque existe muchas opiniones al respecto, y es necesario estudios cuantitativos, parece que la aceptación de estos nuevos materiales por los alumnos encuestados y el público en general, podría también avalar y dar sentido a la idea de proponer nuevos modos de enseñar y de aprender (Chiecher et al., 2005). Estos modos emplearían objetos de aprendizaje tridimensional reutilizables como el presentado en este trabajo, que aúna recursos físicos (embalaje, *pop-up* o desplegable, réplicas en 3D) y tecnológicos (multimedia, realidad aumentada, modelos 3d) sobre el Registro Fósil.

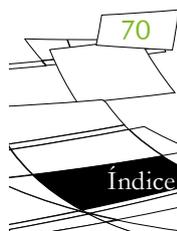
69

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003		
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
En nombre de CECILE MEIER		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		19/12/2016 10:05:16
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		13/01/2017 15:36:49
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALÁ, L. (2011). Un modelo de desarrollo regional fundamentado en recursos paleontológicos (Dinópolis-Teruel. España). *Paleontología y dinosaurios desde América Latina*, Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo. *Documentos y Testimonios*, 24, 253-260.
- ALCALÁ, L., ESPÍLEZ, E., MAMPEL, L., KIRKLAND, J. I., ORTIGA, M., RUBIO, D.,... PESQUERO, M.D. (2012). A new Lower Cretaceous vertebrate bonebed near Ariño (Teruel, Aragón, Spain); found and managed in a joint collaboration between a mining company and a palaeontological park. *Geoheritage*, 4, 275-286.
- ÁREA MOREIRA, M. (2009). *Introducción a la tecnología educativa: manual electrónico*. <http://bibliotecadigital.org/jspui/handle/001/415>.
- BATES, K. T., FALKINGHAM, P. L., HODGETTS, D., FARLOW, J. O., BREITHAUP, B. H., O'BRIEN, M., ... MANNING, P. L. (2009). Digital imaging and public engagement in palaeontology. *Geology Today*, 25(4), 134-139.
- BOYLE, T. (2003). Design principles for authoring dynamic, reusable learning objects. *Australasian Journal of Educational Technology*, 19(1), 46-58.
- CASTILLO, C., CASTILLO, J., COELLO, J. J., MARTÍN, E., MARTÍN, M., y MÉNDEZ, A. (1999). La tutela del patrimonio paleontológico en Canarias. Valoración general. *Coloquios de Paleontología*, 50, 9-21.
- CASTILLO, C., LA ROCHE, F., GARCÍA-GOTERA, C. M., MARTÍN-GONZÁLEZ, M. E., VALIDO, M., QUESADA, M. L. y NUEZ, Julio de la. (2015a). Eventos paleobiológicos en islas oceánicas de bajas latitudes: Islas Canarias (España). En M. Reolid (ed.), *XXXI Jornadas de Paleontología. Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes* (pp. 100-101). Jaén. Universidad de Jaén.
- Castillo, C., Martín González, E. y Martín Oval, M. (2001). Valoración del Patrimonio Paleontológico de Canarias: propuesta de Puntos de Especial Interés paleontológico. *Revista Española de Paleontología*, n.º extraordinario, 105-116.
- CASTILLO, C., SAORÍN, J. L., MARTÍN-GONZÁLEZ, M. E., TORRE, J. de la, MEIER, C., GARCÍA-GOTERA, C. M. y PADRÓN, E. (2015b). La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología. En M. Reolid (ed.), *XXXI Jornadas de Paleontología. Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes* (pp. 102-103). Jaén. Universidad de Jaén.
- CASTILLO, C., SAORÍN, J. L., MEIER, C., TORRE-CANTERO, J. de la, MARTÍN GONZÁLEZ, M. E., GARCÍA-GOTERA, C. M. y CABALLERO-CRUZADO, P. En preparación. Creación de material multimedia y réplicas 3D con tecnologías de bajo coste para la enseñanza y divulgación de la Paleontología. *Digital Education Review*.
- CHIECHER, A., DONOLO, D. y RINAUDO, M. C. (2005). Percepciones del aprendizaje en contextos presenciales y virtuales. La perspectiva de alumnos universitarios. *Revista de Educación a Distancia*, 13, 1-10.
- Recuperado de <http://revistas.um.es/red/article/download/24401/23741>.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

- CLARK, R. E. (2001). *Learning from media: Arguments, analysis, and evidence*. Information Age Publishing Inc. Connecticut. Unites States of America.
- DIETL, G. P. & FLESSA, K. W. (2011). Conservation paleobiology: putting the dead to work. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(1), 30-37.
- DOMÈNECH, R. & MARTINELL, J. (1996). *Introducción a los fósiles*. Masson. Barcelona.
- HENRIQUES, M. H. & dos REIS, R. P. (2015). Framing the palaeontological heritage within the geological heritage: an integrative vision. *Geoheritage*, 7, 249-259.
- JOHNSON, L., ADAMS BECKER, S., ESTRADA, V. & FREEMAN, A., 2014. *NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- KWOK, R. (2012). Going digital. *Nature*, 485(7398), 405-407.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, I. L., AGUIRRE AGUILAR, G. y BALDERRAMA TRÁPAGA, J. A. (2016). Realidad Aumentada. Herramienta de apoyo para ambientes educativos. In: Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad (Vol. 1, No. 6). Martínez, I. L., Aguilar, G. A., Trápaga, J. A. B. (2016). Realidad Aumentada. Herramienta de apoyo para ambientes educativos. In: Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad (Vol. 1, No. 6)., 1-12.
- MACEIRAS, R., CANCELA, Á. y GOYANES, V. (2010). Aplicación de nuevas tecnologías en la docencia universitaria. *Formación universitaria*, 3(1), 21-26.
- Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v3n1/art04.pdf>.
- MORALES MORGADO, E. M. (2010). Gestión del conocimiento en sistemas e-learning, basado en objetos de aprendizaje, cualitativa y pedagógicamente definidos. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca.
- MORALES MORGADO, E. M., GARCÍA PEÑALVO, F., CAMPOS ORTUÑO, R. y ASTROZA HIDALGO, C. (2013). Desarrollo de competencias a través de objetos de aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia*, 36, 1-19.
- Recuperado de <http://revistas.um.es/red/article/view/233721>.
- PADRÓN CALZADILLA, E., MARTÍN GONZÁLEZ, E. y CASTILLO C. (2015). Interés científico, sociocultural y socioeconómico de los recursos paleontológicos del yacimiento Cuaternario de Iguete de San Andrés. En M. Reolid (ed.), *XXXI Jornadas de Paleontología. Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes* (pp. 219-221). Jaén. Universidad de Jaén.
- RAHMAN, I. A., ADCOCK, K. & GARWOOD, R. J. (2012). Virtual fossils: a new resource for science communication in paleontology. *Evolution: Education and Outreach*, 5(4), 635-641.
- RASPOPOVIC, M., CVETANOVIC, S. & JANKULOVIC, A. (2016). Challenges of Transitioning to e-learning System with Learning Objects Capabilities. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(1), 1-25.
- REYNOLDS, J. L. (2010). Utilizing three-dimensional image scanning and printed models of traces and trace fossils in k-12 classrooms.[Abstract] 2010 GSA Denver Annual Meeting (31 October 3 November 2010).

71

Índice

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

13. Congreso

Creación de objetos de aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del registro fósil y rocas sedimentarias

VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL

Mayo 2016

Castillo Ruiz, Carolina; Saorín, José Luis; Meier, Cecile; Ahijado, Agustina; Alfayate, María del Carmen; Martín González, Esther.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

M^a ISABEL ZAMORA FERNÁNDEZ, JEFA DE LA SECCIÓN DE CALIDAD, FORMACIÓN DEL PAS Y DEL PDI E INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

CERTIFICA

Que según los datos custodiados por la Sección de Calidad, Formación del PAS y del PDI e Innovación Educativa de esta Universidad, D^a. Cecile Meier, con NIF nº X4808011E, ha realizado la comunicación:

“Creación de Objetos de Aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la Docencia del Registro Fósil y Rocas sedimentarias”

desarrollada en el marco de las

“VII JORNADAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA”

celebradas los días 24 y 25 de mayo de 2016, en la Sección de Ciencias de la Información de la Facultad de Ciencias Políticas, Sociales y de la Comunicación, dentro del Programa de Formación Docente del Profesorado del curso 2015-2016.

Ana I. Jiménez Abizanda
Vicerrectora de Docencia

Isabel Zamora Fernández
Jefa de Sección de Calidad y Formación del
PAS y del PDI e Innovación Educativa

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 648491

Código de verificación: DRFM3h0t

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de MARIA ISABEL ZAMORA FERNANDEZ

Fecha 2016/06/13 11:13:32

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de ANA ISABEL JIMENEZ ABIZANDA

2016/06/13 17:25:11

1 / 1

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Resúmenes

2016



VII

j
eJORNADAS DE
INNOVACIÓN
EDUCATIVA

Comunicaciones y Pósteres

24 y 25 de mayo de 2016
Salón de Actos y Salón de Grados
Sección de Ciencias de la InformaciónULL | Universidad
de La LagunaULL
Universidad
de La Laguna
Vicerectorado de Docenciaj
e / JORNADAS DE
INNOVACIÓN
EDUCATIVASantander
UNIVERSIDADES

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

contextos estratégico-tecnológicos, proponiendo la elaboración de una propuesta de comunicación virtual que sirva de modelo de aplicación dentro de los nuevos escenarios para la formación.

En consecuencia, los resultados proporcionan al docente una puesta al día permanente que redundan en una mejor transmisión de contenidos teórico-prácticos y en un punto de encuentro motivador para el intercambio de materiales novedosos en los propios entornos de comunicación virtual. El análisis de un nuevo escenario formativo virtual permite al equipo de investigación, profesores de la asignatura en la que se implementa y a los alumnos implicados coparticipar en la implementación de una estructura digital bajo el modelo de un "MOOC Lingüístico".

7 Competencias transversales para estudiantes de Grado, Posgrado y

Formación no reglada. Capote Pérez, Luis Javier

La comunicación pretende exponer la experiencia de organizar actividades formativas complementarias para las titulaciones de Grado en Derecho y en Relaciones Laborales, con el fin de incorporar competencias y conocimientos de naturaleza transversal –como la perspectiva de género o el pensamiento crítico–.

La experiencia realizada se concreta en dos ediciones de un seminario sobre epistemología para juristas y se hará exposición de los resultados de la misma, así como propuestas para futuras iniciativas.

8 Creación de Objetos de Aprendizaje Multimedia con modelos 3D para la

Docencia del Registro Fósil y Rocas sedimentarias. Castillo Ruiz, Carolina; Saorín, José Luis; Meier, Cecile; Ahijado, Agustina; Alfayate, María del Carmen; Martín González, Esther.

En este trabajo se expone los resultados del escaneado e impresión 3D de diferentes fósiles del Neógeno y Cuaternario de Canarias, con gran valor patrimonial ya que representan ejemplos reales de los efectos de cambios climáticos ocurridos en dichos periodos.

Los recursos docentes creados se presentan en cajas de estudio y/o divulgación que contienen las réplicas en PLA de color marrón de los fósiles, y un código QR que permite acceder a los modelos 3D replicables y a la información docente. Dicha información incluye, además de los datos paleontológicos, algunos tipos de rocas sedimentarias donde se suelen encontrar los fósiles, y técnicas de estudio como la microscopía electrónica de barrido.

Para evaluar los materiales, se realizó una práctica de laboratorio con los alumnos de Paleontología de 4º de Grado, donde se escaneó e imprimió en 3D dos restos fósiles del Neógeno, y se emplearon diferentes técnicas de captación de datos 3D. Además, los

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

nuevos materiales se han presentado a alumnos de la Escuela Superior de Educación, y se encuestó sobre el interés de los mismos. Las cajas de réplicas se han usado en talleres y dos rutas científicas destinadas al fomento de las vocaciones científicas en alumnos de secundaria. En todos los casos se ha obtenido una buena aceptación de los materiales tridimensionales elaborados.

9 Creación y uso de un gnomon portable en las prácticas de campo del área de Arqueología en la ULL. **Chávez-Álvarez, Esther**

Presentamos en esta comunicación el proceso de creación y uso de un gnomon portable en las prácticas de campo de las asignaturas Arqueología General del Grado en Historia de la ULL y Arqueología de la ciudad y el territorio en el mundo romano del Máster Interuniversitario en Arqueología por las universidades de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria.

Entender el proceso de urbanización en época romana supone comprender el proceso de orientación y la técnica disponible en el momento histórico para su ejecución. Por ello, uno de los objetivos de este proyecto era que el alumnado comprendiera el funcionamiento de un gnomon para calcular las orientaciones cardinales, así como entender mejor diversos aspectos de las técnicas de agrimensura y el trazado urbano o territorial en época antigua.

El principio de funcionamiento de un gnomon es muy sencillo y fue utilizado por los topógrafos romanos para obtener los puntos cardinales, especialmente la línea Norte-Sur Solar, a partir del cual plantear la estructura ortogonal de sus ciudades, campamentos e incluso la división parcelaria del campo o centuriación y otro tipo de infraestructuras.

Las fuentes escritas (Vitruvio, Higinio Gromático) recogen el procedimiento para realizar un gnomon, hablando de una placa horizontal o una superficie perfectamente nivelada, donde se marca un círculo, con una varilla -sciotherum-, clavada verticalmente en el centro.

En este proyecto lo que se ha pretendido es reproducir un gnomon portable siguiendo las pautas dadas por las fuentes escritas pero utilizando materiales actuales. La experiencia realizada con el alumnado de Arqueología se muestra muy positiva porque les permite comprobar el uso de este aparato y plantearse cuestiones prácticas en relación con el urbanismo de época romana.

10 Trato a las personas con discapacidad en el ámbito universitario: una estrategia formativa online. **Codina Casals, Benito; Guzmán Rosquete, Remedios; González Martín, Desirée**

Uno de los principios en los que se sustenta la actual legislación educativa española, es el de normalización e inclusión en el sistema de las personas con discapacidad. En los últimos

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

14. Congreso

**La alfabetización digital en las aulas a través
de la creación de modelos 3D en la enseñanza
de la Paleontología.**

XXXI Jornadas de Paleontología Jaén.

ISBN: 978-84-8439-920-9

Octubre 2015

Castillo, Carolina; Saorín, J. Luis; Martín-González, M. Esther; Torre,
Jorge de la; Meier, Cecile; García-Gotera, Cristo M.; Padrón, Elena

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

XXXI JORNADAS PALEONTOLOGÍA

Sociedad Española de Paleontología

Baeza, 7-10 de octubre de 2015

Libro de Resúmenes

Matías Reolid (ed.)



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Jornadas de Paleontología (31.2015.Baeza)
 XXXI Jornadas de Paleontología : Baeza, 7-10 de octubre de 2015 : Libro de resúmenes / [Organizan, Sociedad Española de Paleontología... [et al.]; Matías Reolid, (ed.) -- Jaén : Servicio de Publicaciones, Universidad de Jaén, 2015.
 312 p. ; 17 x 24 cm
 ISBN 978-84-8439-920-9
 1. Paleontología 2. Congresos y conferencias 3. Jaén (Provincia) I. Sociedad Española de Paleontología, org. II. Reolid, Matías, ed.lit . III. Universidad de Jaén. Servicio de Publicaciones, ed. IV. Título. V. Serie
 566(460.352(063))

XXXI JORNADAS DE PALEONTOLOGÍA
 Sociedad Española de Paleontología

ORGANIZAN
 Departamento de Geología de la Universidad de Jaén
 Sociedad Española de Paleontología
 Centro de Estudios Avanzados de Ciencias de la Tierra, Universidad de Jaén
 Centro de Estudios de Postgrado, Universidad de Jaén

COLABORAN
 Universidad Internacional de Andalucía, Sede Antonio Machado, Baeza
 Diputación de Jaén
 Comité Español del PICG (IUGS-UNESCO)

© Autores
 © Universidad de Jaén
 Primera edición, octubre 2015

DISEÑO Y MAQUETACIÓN
 Servicio de Publicaciones

ISBN
 978-84-8439-920-9

DEPÓSITO LEGAL
 J-372-2015

EDITA
 Publicaciones de la Universidad de Jaén
 Vicerrectorado de Proyección de la Cultura, Deportes y Responsabilidad Social
 Campus Las Lagunillas, Edificio Biblioteca
 23071 Jaén (España)
 Teléfono 953 212 355 – Fax 953 212 235
 servpub@ujaen.es

IMPRESO POR
 Gráficas "La Paz" de Torredonjimeno, S. L.
 Avda. de Jaén, s/n
 23650 Torredonjimeno (Jaén)
 Teléfono 953 571 087 – Fax 953 571 207

Impreso en España / *Printed in Spain*

"Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra".

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
 En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

La alfabetización digital en las aulas a través de la creación de modelos 3D en la enseñanza de la Paleontología

Castillo, Carolina^a; Saorín, J. Luis^b; Martín-González, M. Esther; Torre, Jorge^b de la; Meier, Cecile^b; García-Gotera, Cristo M.^a; Padrón, Elena.^a

^a Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología,, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, España, Email: ccruiz@ull.edu.es

^b Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura. Universidad de La Laguna, 38200 La Laguna, Tenerife, España

^c Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, C/ Fuente Morales 1, 38003 Santa Cruz de Tenerife, Tenerife, España

En este trabajo presentamos la creación de material multimedia y 3D para la enseñanza de la Paleontología. Un informe que se ha convertido en referente en educación es el “Horizon Report”. En España, este informe se presenta desde el Instituto de Tecnologías Educativas del Ministerio de Educación. Según dicho informe, algunas de las tecnologías que se prevé que tengan impacto en la educación son: los dispositivos móviles (tabletas, smartphones y portátiles) propios de los alumnos (denominada Bring Your Own Device, BYOD), la computación en la nube y los espacios de fabricación digital que incluyen impresoras 3D (Johnson et al., 2014, 2015).

En este contexto surgen los proyectos de innovación educativa (cursos 2014/15 y 2015/16) del Área de Paleontología de la Universidad de La Laguna, en colaboración con el Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura y el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, cuyo objetivo general es obtener una colección de modelos digitales tridimensionales de fósiles que se puedan replicar en 3D, y que tengan aplicación a nivel educativo y de divulgación de la ciencia. Para ello se ha seleccionado una serie de fósiles utilizados en la docencia práctica, representativos de los depósitos marinos del Neógeno y Cuaternario de Canarias, se han escaneado y obtenido los modelos 3D en formato STL imprimibles. Estos modelos se han incorporado a un prototipo de libro multimedia y a un repositorio online. Toda esta información se presenta en un objeto de aprendizaje Multimedia al que se puede acceder a través de un código QR.

Los materiales creados han tenido muy buena acogida por los alumnos, según las encuestas de opinión realizadas. Esto se puede deber a varias razones entre las que destacamos, por una parte las ventajas del libro multimedia (Área 2009), y por otra, el enorme atractivo que ejerce la Paleontología por sus características intrínsecas al objeto de estudio, los fósiles (documentos de la Historia de la Vida), y por la incorporación de las tecnologías 3D (Dardon et al., 2010; Bates et al, 2009).

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

La modelización 3D de los fósiles y su incorporación a materiales digitales con alta aceptación por los alumnos, da más relevancia a la enseñanza de la Paleontología en las aulas ya que contribuirá en gran medida a la denominada alfabetización digital (Gutiérrez Martín, 2003) de los usuarios, que se encuadra en las tendencias internacionales en el ámbito educativo del uso de los libros electrónicos y los dispositivos móviles en la educación (Kwok, 2012). Los recursos paleontológicos por tanto se pueden considerar como vehículos para introducir las tecnologías 3D en las aulas de forma amena.

REFERENCIAS

- Area, M.M., 2009. Manual electrónico. Introducción a la tecnología educativa. España, Universidad de La Laguna.
- Bates, K.T., Falkingham, P.L., Hodgetts, D., Farlow, J.O., Breithaupt, B.H., O'Brien, M., Matthews, N., Sellers, W.I., Manning, P.L., 2009. Digital imaging and public engagement in palaeontology. *Geology Today* 25, 134-139.
- Dardon, U., de Souza, R.S., Abranches, C.T.S., Bergqvist, L.P., 2010. Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontológica. *Gaea-Journal of Geoscience* 6, 76-89.
- Gutiérrez Martín, A., 2003. Alfabetización digital. Algo más que ratones y teclas. Editorial Gedisa, Barcelona, 245 pp.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., Freeman, A., 2015. NMC Horizon Report: Edición Educación Superior 2015. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., Freeman, A., 2014. NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kwok, R., 2012. Going digital. *Nature*, 485 (7398), 405-407.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

15. Congreso

Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados.

VII Jornadas de Innovación Educativa. ULL

Mayo 2016

Saorín Pérez, Jose Luis; De la Torre Cantero, Jorge; Carbonell Carrera, Carlos; Martín Dorta, Norena; Melian Díaz, Dámari; Meier, Cecile.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

M^a ISABEL ZAMORA FERNÁNDEZ, JEFA DE LA SECCIÓN DE CALIDAD, FORMACIÓN DEL PAS Y DEL PDI E INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

CERTIFICA

Que según los datos custodiados por la Sección de Calidad, Formación del PAS y del PDI e Innovación Educativa de esta Universidad, D^a. Cecile Meier, con NIF nº X4808011E, ha realizado la comunicación:

“Creación de mundos de Minecraft para uso educativo mediante la inserción de Modelos 3D personalizados”

desarrollada en el marco de las

“VII JORNADAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA”

celebradas los días 24 y 25 de mayo de 2016, en la Sección de Ciencias de la Información de la Facultad de Ciencias Políticas, Sociales y de la Comunicación, dentro del Programa de Formación Docente del Profesorado del curso 2015-2016.

Ana I. Jiménez Abizanda
Vicerrectora de Docencia

Isabel Zamora Fernández
Jefa de Sección de Calidad y Formación del
PAS y del PDI e Innovación Educativa

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 648490

Código de verificación: f0B5XQw3

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de MARIA ISABEL ZAMORA FERNANDEZ

Fecha 2016/06/13 11:13:32

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de ANA ISABEL JIMENEZ ABIZANDA

2016/06/13 17:25:11

1 / 1

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

Resúmenes

2016



VII

j
ε
IJORNADAS DE
INNOVACIÓN
EDUCATIVA

Comunicaciones y Pósteres

24 y 25 de mayo de 2016
Salón de Actos y Salón de Grados
Sección de Ciencias de la InformaciónULL | Universidad
de La LagunaULL
Universidad
de La Laguna
Vicerectorado de Docenciaj
ε
I / JORNADAS DE
INNOVACIÓN
EDUCATIVASantander
UNIVERSIDADES

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

respectivos planteamientos didácticos, adaptados a las peculiaridades y características de cada asignatura. En concreto, se describe cómo, partiendo del interés inicial de introducir estructuras de aprendizaje colaborativo en el aula, progresivamente, se van ampliando las necesidades de cambio en la propuesta didáctica, alcanzando al sistema de evaluación y seguimiento del alumnado (evaluación formativa) y a la necesidad de romper la tradicional división en teoría-práctica, en que se suele organizar las asignaturas, para ir a una propuesta integrada, organizada en tareas complejas de aprendizaje. En particular, se pretende destacar la mutación que se va produciendo en los responsables de las asignaturas, pasando de ser "presentadores" de contenidos, a convertirse en dinamizadores de experiencias de aprendizaje. En la segunda parte de la comunicación, se entra a describir los cambios introducidos y la "receta" didáctica final que se presentó al alumnado. En la tercera fase, se exponen los resultados alcanzados, en términos de rendimiento académico y de satisfacción del alumnado, concluyendo con las oportunas conclusiones y propuestas de continuidad para el curso siguiente.

35 Creación de mundos de Minecraft para uso educativo, mediante la inserción de modelos 3D personalizados. Saorín Pérez, Jose Luis; De la Torre Cantero, Jorge; Carbonell Carrera, Carlos; Martín Dorta, Norena; Melian Díaz, Dámari; Meier, Cecile

Crear un mundo de Minecraft permite personalizar un videojuego ya existente, sin tener que desarrollarlo desde cero. Además, se pueden incluir contenidos educativos tridimensionales en el mismo, de tal manera que los alumnos jueguen y aprendan a la misma vez. En este trabajo, en la Universidad de La Laguna, se han realizado dos experiencias diferentes. En la primera, con alumnos del Grado de Ingeniería Electrónica y automática el mundo de Minecraft se ha creado con modelos generados por los mismos alumnos. La segunda experiencia, se ha realizado con alumnos del Master de Formación del Profesorado y en este caso se ha creado un mundo para realizar una ruta virtual por las esculturas en la calle de Santa Cruz de Tenerife. Para ello se insertaron 25 esculturas tridimensionales y se simuló el entorno de la rambla y del parque García Sanabria, incluyendo árboles y carreteras. En ambos casos se ha medido la satisfacción de los alumnos con el método de aprendizaje y los resultados animan a pensar en que dicho método puede ser incorporado de manera habitual como una estrategia de aprendizaje motivadora e innovadora.

36 Aprendiendo árabe con un material interactivo. Serrano-Niza, Dolores; San Nicolás Santos, M^a Belén; Soto Martín, Ovidia

Nuestro proyecto de aprendizaje de lengua árabe mediante material interactivo lleva como nombre genérico Kalam. Este sustantivo árabe significa "palabras", "discurso" y con

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003	
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49

16. Libro

**El Patrimonio escultórico en el aula. Paper
Toys: Modelos de papel para recortar y con-
struir en 3D**

Lulu

ISBN: 9781326415044

Septiembre 2015

José Luis Saorín, Jorge De la Torre-Cantero, Cecile Meier, Dámari
Melián Díaz, Davinia Yanes Armas.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

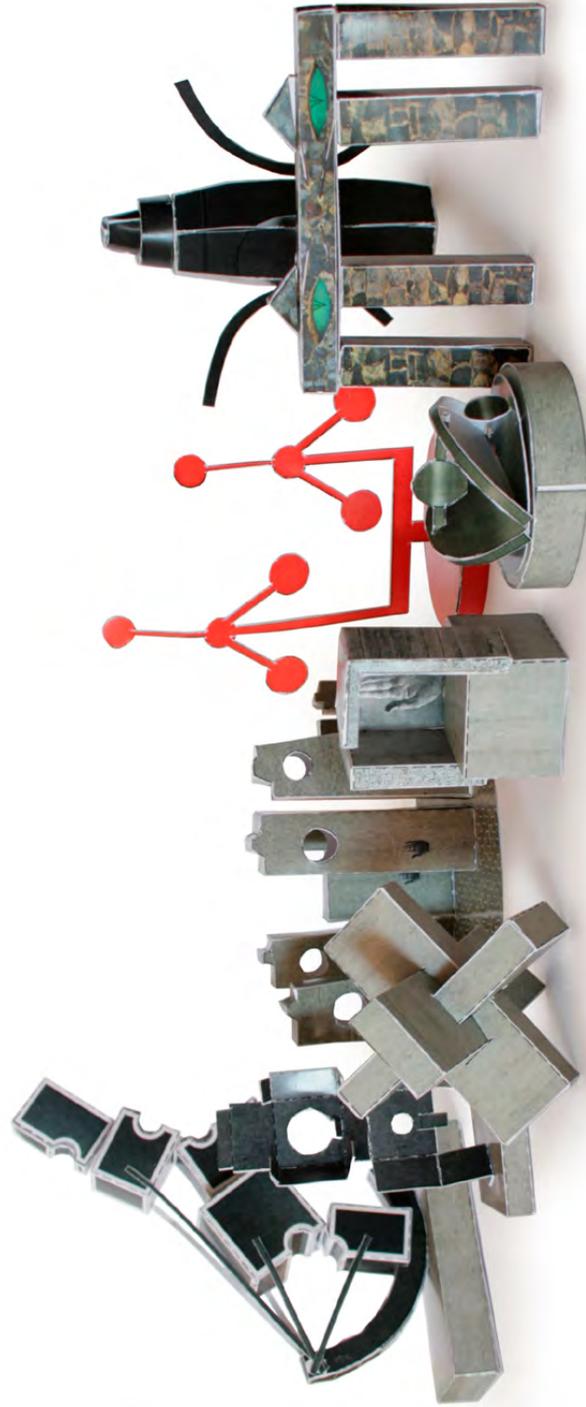
19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

EL PATRIMONIO ESCULTÓRICO EN EL AULA

PAPER TOYS: MODELOS DE PAPEL PARA
RECORTAR Y CONSTRUIR EN 3D



Cecile Meier
Jose Luis Saorín
Davinia Yanes Armas
Jorge de la Torre-Cantero
Dámari Melián Díaz



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

NOTA:

Para la correcta realización de los Paper Toys de este libro, se recomienda imprimir este documento en formato, como mínimo, de tamaño A4 y encuadernar con gusanillo en el lateral izquierdo.

El diseño del libro permite ir recortando las láminas para crear los Paper Toys de 12 esculturas de Santa Cruz de Tenerife.

Una vez realizadas todas las esculturas se puede eliminar la portada principal y recortar el resto de páginas para disponer de un cuadernillo con la información básica de todas las obras escultóricas de este libro.



**EL PATRIMONIO
ESCULTÓRICO
EN EL AULA**

PAPER TOYS: MODELOS
DE PAPEL PARA RECOR-
TAR Y CONSTRUIR
EN 3D



Cecile Meier
Jose Luis Saorín
Davinia Yanes Armas
Jorge de la Torre-Cantero
Dámari Melián Díaz



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion		
Identificador del documento: 837816		Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER		Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ		19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO		13/01/2017 15:36:49

EL PATRIMONIO ESCULTÓRICO EN EL AULA

PAPER TOYS: MODELOS DE PAPEL PARA RECORTAR Y CONSTRUIR EN 3D

Cecile Meier
 Jose Luis Saorín
 Davinia Yanes Armas
 Jorge de la Torre-Cantero
 Dámaris Melián Díaz

© El patrimonio escultórico en el aula:
 Paper Toys: Modelos de papel para
 recortar y construir en 3D.

ISBN: 978-1-326-41504-4
 Impreso en España
 Editado por Lulu.com
 Editado en La Laguna, España



El presente monográfico se publica bajo una
 licencia Creative Commons del tipo:
 Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra
 Derivada



EL PATRIMONIO ESCULTÓRICO EN EL AULA

PAPER TOYS:
 MODELOS DE PAPEL
 PARA RECORTAR Y
 CONSTRUIR EN 3D

Cecile Meier
 Jose Luis Saorín
 Davinia Yanes Armas
 Jorge de la Torre-Cantero
 Dámaris Melián Díaz

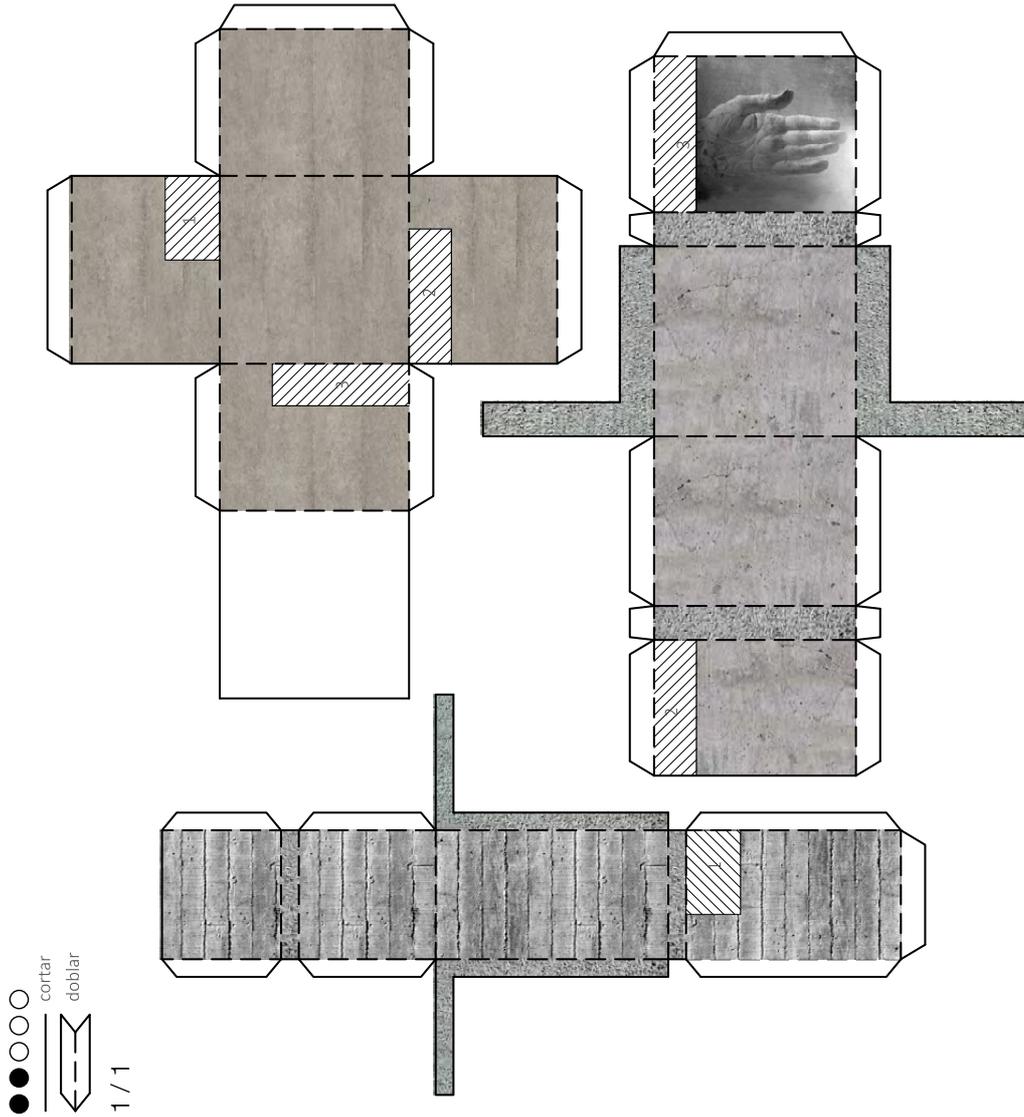
© El patrimonio escultórico en el
 aula: Paper Toys: Modelos de pa-
 pel para recortar y construir en 3D.

ISBN: 978-1-326-41504-4
 Impreso en España
 Editado por Lulu.com
 Editado en La Laguna, España



El presente monográfico se publica
 bajo una licencia Creative Commons
 del tipo: Reconocimiento - No
 Comercial - Sin Obra Derivada

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de CECILE MEIER	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ	19/12/2016 10:05:16
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO	13/01/2017 15:36:49



PATRIMONIO ESCULTÓRICO
SANTA CRUZ

INTROVERSIÓN
Josep Maria Subirachs

Año: 1973

Material: Hormigón armado

Dimensiones: 374 x 238 x 248 cm

Ubicación: Parque García Sanabria

Se trata de una hornacina o templo para una mano abierta concebida en hueco, dentro de sus figuraciones en negativo.

La perfección de la mano adquiere, según la interpretación hecha por el CAC (Colegio de Arquitectos de Canarias), una presencia mágica y el poder que la alberga, realizado con gran riqueza de textura, sacraliza esta presencia, dándole un aspecto trascendente de símbolo.



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

17. Libro

Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D

Mayo 2016

Bubok

ISBN: 978-84-686-8949-9

José Luis Saorín, Jorge De la Torre-Cantero, Cecile Meier, Dámari Melián Díaz, Alejandro Bonnet de León

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de *CECILE MEIER*

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *JOSE LUIS SAORIN PEREZ*

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de *ERNESTO PEREDA DE PABLO*

13/01/2017 15:36:49

ESCULTURAS DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

Objeto de Aprendizaje tridimensional

Visualización, Manipulación
e Impresión 3D



Cecile Meier
Jose Luis Saorín Pérez
Jorge de la Torre Cantero
Dámari Melián Díaz
Alejandro Bonnet de León

ULL | Universidad
de La Laguna

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

© ESCULTURAS DE SANTA CRUZ DE TENERIFE.
Objeto de Aprendizaje Tridimensional.
Visualización, Manipulación e Impresión 3D

© Cecile Meier
© Jose Luis Saorín Pérez
© Jorge de la Torre Cantero
© Dámari Melián Díaz
© Alejandro Bonnet de León

© Esculturas de Santa Cruz de Tenerife. Objeto de Aprendizaje Tridimensional. Visualización, Manipulación e Impresión 3D

ISBN papel: 978-84-686-8494-9

Impreso en España

Editado por Bubok Publishing S.L.,

Mayo 2016

Imágenes y Modelos 3D realizados por Cecile Meier



El presente monográfico se publica bajo una licencia Creative Commons del tipo: Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49

1. INTRODUCCIÓN

Este libro se considera un objeto de aprendizaje tridimensional, ya que contiene acceso a modelos 3D de las esculturas de Santa Cruz de Tenerife, para su uso como recurso educativo.

El patrimonio escultórico abarca todo tipo de creaciones o manifestaciones artísticas de carácter tridimensional hechas por el hombre. Las esculturas urbanas son una parte del patrimonio cultural tangible y mueble de una ciudad. Las esculturas pueden ser privadas o públicas, estar en un museo, en instituciones, jardines o en la calle. Se conoce como escultura urbana a toda pieza ubicada en un espacio público como una rotonda, plaza, avenida, paseo, parque, etc.

Este libro sirve para dar a conocer el patrimonio escultórico de Santa Cruz de Tenerife. Contiene un total de 26 esculturas pertenecientes a la I Exposición Internacional de esculturas en la calle de Santa Cruz de Tenerife

Cada escultura se presenta en formato de ficha con la siguiente información:

- Las características básicas como nombre, breve descripción, datos del autor, año de creación de la escultura, material, dimensiones y un enlace con más información.
- Tiene un mapa esquemático de la ciudad con la ubicación de la escultura marcada. Además dicho mapa funciona también como enlace a google maps para ver la ubicación en su contexto real.
- Una fotografía de la escultura, que en algunos casos funciona como enlace para ver la escultura en Google Street view. (No es posible ver las esculturas dentro de los parques)
- Un enlace para visualizar e interactuar con el Modelo 3D en un entorno online.
- Un enlace para descargar el modelo 3D. Este modelo 3D, en algunos casos, está optimizado o simplificado para su impresión tridimensional.

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: http://sede.ull.es/validacion	
Identificador del documento: 837816	Código de verificación: MUV/jh/f
Firmado por: <i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> <i>En nombre de CECILE MEIER</i>	Fecha: 19/12/2016 10:01:33
<i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> <i>En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ</i>	19/12/2016 10:05:16
<i>UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA</i> <i>En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO</i>	13/01/2017 15:36:49

LADY TENERIFE MARTÍN CHIRINO

Nombre: Lady Tenerife

Descripción: Estructura metálica de formas curvas, pertenecientes a la serie Ladys del autor. Realizada en Hierro forjado y pintado al duco.

Autor: Martín Chirino (Las Palmas de Gran Canaria, 1 de marzo de 1925).

Año de creación de la escultura: 1973

Material: Hierro pintado

Dimensiones: 3,48 x 3,35 x 6,67 m

Más información: <https://goo.gl/WGUVO2>



Ubicación: Rambla de Santa Cruz de Tenerife



[Visualiza el Modelo 3D](#)



[Descarga el Modelo para imprimir en 3D](#)

36

Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de CECILE MEIER

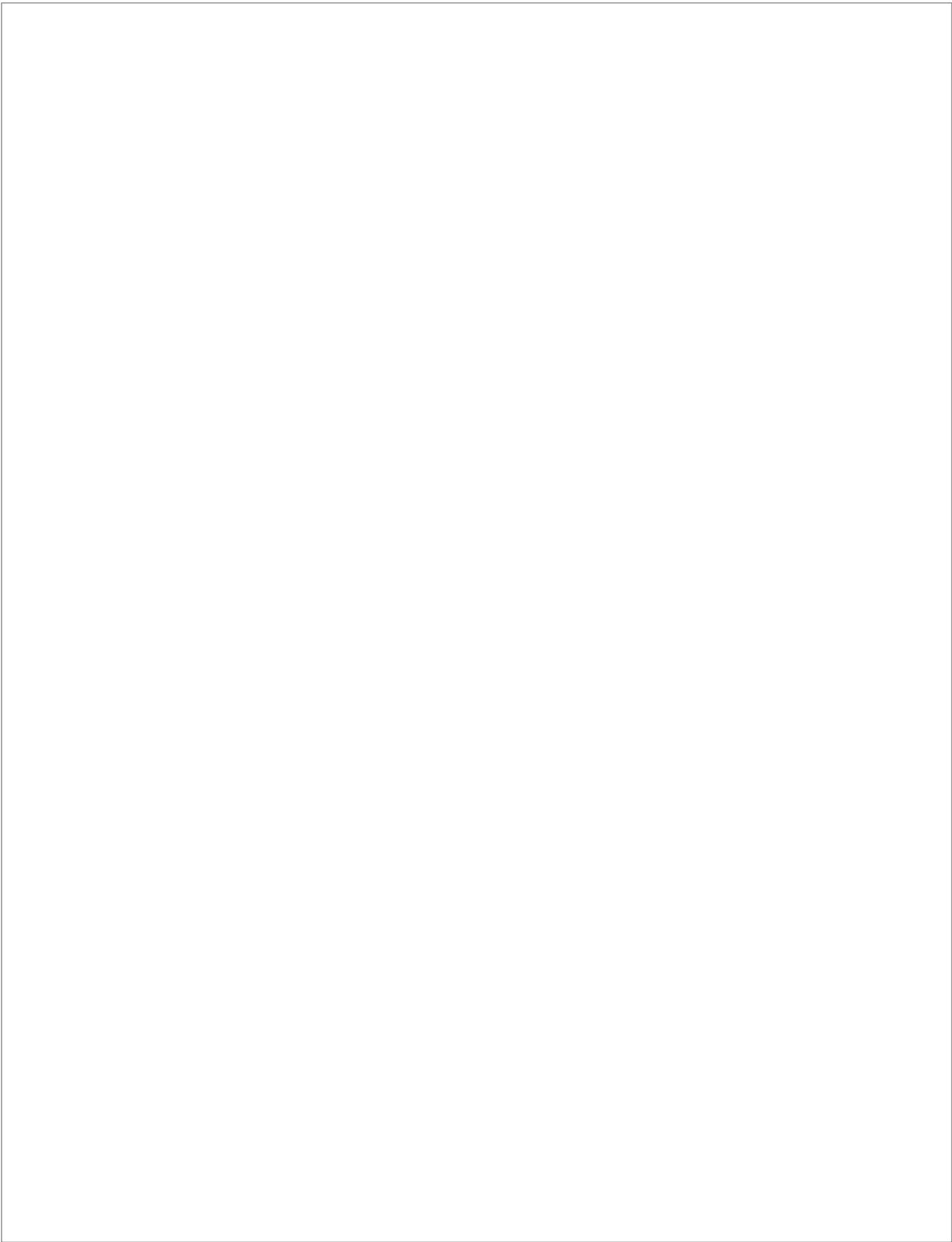
Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49



Este recibo incorpora firma electrónica de acuerdo a la Ley 59/2003
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 837816

Código de verificación: MUV/jh/f

Firmado por: *UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA*
En nombre de CECILE MEIER

Fecha: 19/12/2016 10:01:33

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de JOSE LUIS SAORIN PEREZ

19/12/2016 10:05:16

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
En nombre de ERNESTO PEREDA DE PABLO

13/01/2017 15:36:49