

Experiencia de montaje y operación de una impresora 3D en el aula

Assembly and use experience of a 3D printer in education

Ismael Orquín Serrano
CEFIRE ESPECÍFICO CTEM, VALENCIA.
orquin_ism@gva.es

Gregorio Berenguer Sánchez
IES JUAN DE GARAY, VALENCIA.
gregorioberenguersanchez@yahoo.es

Henar Aguado Sahagún
IES JUAN DE GARAY, VALENCIA.
henar.aguado@gmail.com

Vojislav Petrovic Filipovic
CENTRO TECNOLÓGICO AIMEN, PONTEVEDRA.
vojislav.petrovic@aimen.es

Abstract

Se describe la experiencia anual llevada a cabo en la clase de Tecnología de un grupo de tercero de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) sobre el montaje y operación de una impresora 3D. Se detalla la metodología empleada por el profesorado para la coordinación del trabajo tanto entre los profesores asociados a la experiencia como entre los alumnos. El alumnado se dividió en grupos para la realización de tres grandes bloques de tareas: búsqueda de información, elaboración de documentación y tareas de montaje. Cada grupo tuvo su profesor responsable para atender y evaluar el trabajo del alumnado. Se demuestra que este tipo de experiencias innovadoras no solo motiva a los estudiantes sino que les anima a afrontar los proyectos CTIM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) desde una perspectiva más amplia, integrando distintas áreas de conocimiento.

An academic experience consisting of mounting and using a 3d printer in the secondary school class of Technology is described. Also the methodology developed by teachers responsible of the project for tasks coordination as well as the way students interacted along their work, are explained. Different groups of students were formed in order to work in three different tasks: research task, documents development and assembly task. Each different task had its own teacher for guiding, assisting and assessing the student's work. This kind of innovative experiences are shown not only to motivate students but also to encourage them to face STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) projects from a wider perspective, integrating several areas of knowledge.

Palabras clave: impresora 3D, Tecnología, ESO, robótica
Keywords: 3D printer, Technology, Secondary School, robotics

1. Introducción

Entender la sociedad actual dando la espalda a la evolución tecnológica de la que estamos siendo testigos es imposible. La tecnología está avanzando hasta tal punto que, en la era del conocimiento en la que nos encontramos, la propagación de la misma es prácticamente inmediata. La información es hoy día omnipresente y eso favorece la transmisión de conocimientos y, por ende, el desarrollo tecnológico. Las nuevas generaciones viven el comienzo de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) en la que los sistemas ciber-físicos, robótica y *3D printing* representarán su entorno natural. A diferencia de las anteriores, en esta nueva época los cambios se suceden a una velocidad vertiginosa y es necesario estar formado para afrontarlos. Es, sin duda alguna, un momento apasionante de la historia.

En este contexto, el sistema educativo tiene que adaptarse a este cambio de la sociedad. Los alumnos que adquieran las competencias relacionadas con la inmersión y dominio de las distintas tecnologías que nos rodean serán los agentes del cambio del mañana, serán gente adaptada al vertiginoso cambio que la tecnología propicia y propiciará en el futuro. De hecho, se considera que 70% de los bebés de hoy trabajarán en una profesión aún no inventada (El 70% de los bebés de hoy trabajarán en una profesión aún no inventada, 2003).

Así pues, queda patente que la enseñanza tecnológica va a convertirse en el punto de apoyo del desarrollo de la sociedad. La Comisión Europea ha definido una serie de Tecnologías Clave Facilitadoras (KET) entre las cuales están la micro y nanoelectrónica, la nanotecnología, la biotecnología industrial, materiales avanzados, fotónica y tecnologías de fabricación avanzadas. Los países y regiones que aprovechen las enormes capacidades de las KET, estarán en la vanguardia del desarrollo industrial (European strategy for KETs, 2012). En particular, se apoyarán el desarrollo y la incorporación de la impresión 3D en las aulas desde edades tempranas. No es el único organismo que resalta la importancia de la tecnología de impresión 3D en la enseñanza. De hecho, existe un informe (Johnson & Martín, 2013) que se centra en la descripción de los desarrollos tecnológicos más relevantes en el ámbito de la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Entre ellos se cita expresamente la impresión 3D, de la que se dice literalmente, entre otras muchas cosas, "*La exploración de la impresión 3D, desde el diseño a la producción puede abrir nuevas posibilidades para las actividades de aprendizaje.*" También podríamos citar el informe internacional *Horizon Report > 2014 K-12 Edition* sobre nuevas tecnologías aplicadas a educación secundaria (Johnson & Freeman, 2014), que habla también del empleo y fomento de recursos educativos abiertos que no es más que uno de los aspectos principales en los que se basa la impresión 3D.

Existen proyectos a nivel europeo en los que se fomenta la creatividad entre los alumnos de secundaria y universidad en el tema de impresión 3D ofreciendo incluso premios económicos al apoyo de las empresas y modelos de negocio de jóvenes emprendedores (Fabulous: the european 3D printing accelerator, 2016).

Creemos que queda patente el extremo interés de la impresión 3D en el ámbito educativo tanto por la comunidad educativa nacional como internacional. Esta tecnología supondrá una oportunidad para implicarse en nuevas metodologías activas por parte del alumnado que favorezcan el aprendizaje significativo por competencias que las nuevas tendencias educativas están divulgando en toda Europa.

2. Objetivos

Presentamos aquí algunos de los objetivos más importantes de esta experiencia:

- Desarrollar los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) contemplados en la programación de la asignatura de Tecnología a través de la resolución de un problema (diseño y construcción de una impresora 3D) altamente motivador para el alumnado.
- Fomentar el espíritu de trabajo en equipo.
- Despertar la creatividad del alumnado a través de ejercicios de diseño de piezas 3D.
- Analizar, desarrollar e implementar el proceso de montaje de una impresora 3D.
- Documentar todo el proceso de montaje para obtener una documentación precisa y fiable del proceso de montaje que puede ser útil para muchos otros alumnos en el futuro.
- Constituir una experiencia piloto para su implantación posterior en otros centros.
- Dar a conocer herramientas de diseño en 3D que permitan explotar las posibilidades de la impresora.
- Fomentar el espíritu de software y hardware libre en los alumnos para que el día de mañana contribuyan al desarrollo del conocimiento abierto.
- Dotar al centro con una impresora 3D cuya producción podrá ser de utilidad para cualquier miembro de la comunidad educativa.
- Colaborar con otros departamentos a través de la impresión 3D, como, por ejemplo, elaborando figuras geométricas tridimensionales para los departamentos de Matemáticas y Dibujo.

3. Metodología

Con respecto a la organización del proyecto, se hizo necesario coordinar y distribuir tareas al inicio del proyecto entre los cuatro profesores implicados y los veinte alumnos que, directamente, iban a realizar las tareas de montaje y documentación. Debemos decir que la cantidad de alumnos implicados en el proyecto es mucho mayor por cuanto también otros grupos han desarrollado trabajos relacionados con la impresión 3D, aunque no hayan participado directamente en el montaje y operación de la misma. Así que, tras una reunión inicial de los profesores implicados, se decidió consensuadamente hacer el reparto de tareas que se describe a continuación.

3.1. Organización de los alumnos

Se divide el grupo de veinte alumnos en seis subgrupos distintos para distribuir las tareas de una manera eficaz y asegurarnos de que todo el mundo está ocupado sobre algo útil para el proyecto. Como solo disponemos de una impresora 3D para montar, no todo el mundo se puede dedicar a montaje. En vez de eso, el coordinador estudia en detalle como es el montaje con la documentación que la empresa que vende el producto aporta sobre el tema y se propone paralelizar el montaje en dos grupos. De los otros cuatro grupos de alumnos se decide asignar dos de ellos a búsqueda de información y otros dos a elaboración de documentación asociada a la experiencia de montaje. Para garantizar que todo el alumnado aprende y experimenta en

todas las tareas se decide realizar una rotación de las funciones entre los grupos, de manera que todos los alumnos se dediquen en algún momento del desarrollo del proyecto a todas las tareas. Los tiempos que se destinan a cada tarea vienen impuestos por los tiempos de montaje, pues esta es una labor prioritaria.

La primera tarea destinada al alumnado es el estudio de las características de la impresión 3D, así como detalles específicos sobre montaje de las impresoras. Es necesario que todo el alumnado se familiarice con la terminología propia de este campo y conozca todos los componentes de la impresora, así como detalles del montaje. Esta primera fase lleva desde principio de septiembre hasta la última semana de octubre. Los alumnos estudian vídeos de montaje (Guía montaje Prusa2, 2014) —explicados algunos por el profesor en clase y visionados la mayoría restante por los alumnos en sus casas, representando así tareas al estilo de *flipped classroom*— y son examinados de este contenido de manera periódica. Así realizan dos exámenes tipo test sobre montaje de impresoras 3D.

Las tareas de montaje, elaboración de documentación y búsqueda de información comienzan con el mes de noviembre. Cada mes y medio se establece una rotación de las tareas asignadas a los distintos grupos. El montaje (y demás tareas) terminan en el mes de marzo, a partir del cual, la impresora se encuentra terminada, aunque no operativa, pues son necesarios algunos ajustes de calibración que le llevan al coordinador a ponerse en contacto con el servicio técnico de la empresa suministradora en repetidas ocasiones. En los meses de abril y mayo el funcionamiento de la impresora es irregular debido a distintos incidentes que afectan a su funcionamiento. El profesor responsable de montaje se hace cargo de las tareas de reparación y mantenimiento de la impresora.

Desde que acaban las tareas de montaje, la totalidad del grupo se dedica al aprendizaje en el manejo de programas de diseño tridimensional con el objeto de poder diseñar e imprimir sus propios objetos en la impresora tridimensional a lo largo del tercer trimestre. Para ello trabajan individualmente en su mayor parte, pues son veinte alumnos para dieciséis ordenadores, y siguen los videotutoriales que uno de los profesores asociados a este proyecto de innovación ha realizado (Tutorial de SketchUp, 2015). Con los conocimientos adquiridos, acaban imprimiendo un pequeño llavero de diseño propio que el alumnado se lleva a casa. Además son examinados con una prueba objetiva basada en el diseño de piezas por ordenador.

3.2. Organización de los profesores

Dado que el coordinador del proyecto es el único profesor que está en contacto directo con el alumnado, se ha encargado de desarrollar la primera fase de estudio de las impresoras tridimensionales con los alumnos, así como de examinarlos. Asimismo, estudia como se debe realizar el montaje para poder subdividir en dos conjuntos las tareas de montaje que entiende paralelizables. También propone en qué puede consistir la elaboración de documentación y la búsqueda de información.

La propuesta de reparto de tareas que se acuerda en una reunión de coordinación es la siguiente: un profesor puede dedicarse a la coordinación, definición de tareas y corrección de las mismas de los grupos de alumnos que se dediquen a elaboración de documentación. Otro profesor puede hacer lo propio con la tarea de búsqueda de información. El tercer profesor asume la tarea de elaboración de contenidos pedagógicos de cara al aprendizaje de los programas de diseño tridimensional que se abordará en el tercer trimestre. Un último profesor se encarga de la coordinación y corrección de los grupos de montaje.

Al término de las labores de montaje, las asignaciones de tareas de los profesores cambian, pues las de los alumnos también lo han hecho. En otra reunión de coordinación se decide emprender una serie de tareas complementarias que mantendrán ocupados a todos los profesores en este tercer trimestre: la persona que se encargaba de documentación se encargará de coordinar las tareas de corrección posterior de la misma, así como de dirigir su correcto acabado. La persona que se encargaba de búsqueda de información se ofrece a dirigir a un grupo de sus alumnos para elaborar uno o varios posters promocionales de la impresión 3D tanto para el taller de Tecnología como para el propio instituto. El profesor que se encargó del material para el aprendizaje del software libre de diseño tridimensional se dedica en el tercer trimestre a buscar información y apoyar al alumnado en la tarea de elaboración de un vídeo promocional. Por último, el coordinador del proyecto se encarga de las tareas de mantenimiento de la impresora así como de las actuaciones de difusión de resultados y promoción en el centro educativo y en las redes sociales.

Con el fin de unificar criterios de calificación se decide el empleo de rúbricas de evaluación para la corrección de cada uno de los trabajos de los alumnos. El profesor responsable de montaje diseña su rúbrica, el de documentación genera la suya y el de búsqueda de información la suya. De esta manera el alumnado puede comprender exactamente por qué tiene la nota que tiene y al conocer el detalle de su evaluación es capaz de corregir posibles defectos en posteriores entregas.

Para la correcta coordinación tanto del grupo de profesores como del grupo de alumnos se acuerda emplear una red social educativa, Tiching, para poner en contacto a todos los agentes implicados en el desarrollo del proyecto. Así, los alumnos han podido subir sus tareas a la red y los profesores rescatar de la misma estos archivos para poder evaluarlos. Al mismo tiempo, han podido colgarse en red comentarios acerca de posibles correcciones de los trabajos para que los alumnos pudieran hacerlo desde casa y no tuvieran que esperar a ver al profesor en clase para recibir esta información. Así, la plataforma Tiching ha servido como medio de intercambio de archivos, de gestión de alumnos, de gestión de calendario y de interconexión entre profesores y alumnos. El coordinador prepara un vídeo (Uso de Tiching en clase de Tecnología, 2015) explicativo del manejo de la plataforma Tiching para que ningún compañero albergue dudas al respecto y facilitarles así la tarea.

3.3. Software de diseño 3D

En esta parte, pretendemos que el alumnado de 3º de ESO, pueda realizar prácticas con la impresora 3D, realizando figuras tridimensionales manejando algún programa de software de dibujo.

Nos enfrentamos a tres problemas básicos:

- Limitación del tiempo, ya que el alumnado de 3º ESO, siguiendo con su currículum temático, tras el montado y recogida de la información necesaria para la documentación de la impresora 3D, tan solo podrá realizar las prácticas sobre el dibujo por el ordenador en la tercera evaluación.
- Limitación de los conocimientos del alumnado de 3º de ESO, en la realización de figuras tridimensionales por ordenador.
- La elección de un software libre que sea intuitivo, que les permita familiarizarse con sus herramientas de trabajo, y que no les suponga una dificultad adicional a la hora de entender y realizar los trabajos.

- Las explicaciones y ejercicios realizados, deben ser acordes con el currículum de 3º ESO, que se imparte en el bloque temático de dibujo técnico y sistemas de representación gráfica.

La resolución de estos problemas básicos nos ha llevado a la realización de un bloque temático práctico que comprende la tercera parte de este proyecto. En cuanto a la elección del software libre a emplear hemos elegido el programa Sletchup Make, como uso educativo, con la finalidad de que los alumnos dispongan de este programa libre instalado en los ordenadores del aula y también puedan trabajar en casa sin ningún tipo de limitación.

En cuanto a la limitación de los conocimientos del alumnado de 3º de ESO, dentro del programa de Sketchup, vamos a explicar tan solo las herramientas más básicas y necesarias para que el alumnado pueda manejarse en la realización de las figuras 3D, dentro de este mundo tridimensional.

Con respecto a la limitación del tiempo, para que el alumno pueda trabajar cómodamente tanto en clase como en casa, todas las actividades llevan unos vídeos explicativos, para que el alumno pueda asimilar su contenido de la forma más autónoma posible.

En cuanto a las clases, primeramente el profesor explicará de forma general la actividad, luego los alumnos verán un vídeo sobre la realización de ese ejercicio o uno similar con las mismas características. Posteriormente, realizarán el ejercicio en clase y cualquier duda que se presente, será explicada por el profesor en el aula de forma personal. Los vídeos están preparados para que tengan una duración máxima de siete a ocho minutos y puedan verlos en clase y en casa las veces que sea necesario para entender los ejercicios.

4. Resultados

4.1. Presupuesto ejecutado

Es interesante detallar el presupuesto ejecutado en el proyecto de innovación descrito en este trabajo, ya que pretende servir de ejemplo para su posterior implantación en otros centros. En la tabla de [presupuesto](#) se indica el presupuesto ejecutado en esta experiencia incluyendo aspectos no directamente relacionados con el montaje de la impresora pero sí relacionados con la experiencia docente. Así incluimos en el presupuesto el coste de unos posters que sirven para promocionar el proyecto dentro del propio centro o las copias de una foto final de la impresora con todo el alumnado participante que se entrega al final de curso y contribuye a reforzar la filosofía de trabajo en equipo y del orgullo del trabajo realizado por parte del alumnado. El resto de conceptos representan el hardware necesario para la ejecución del proyecto y algunos elementos de respuesto de piezas que hemos creído importantes, como las poleas, los rodamientos o el cuerpo del extrusor. Simplemente apuntar que la superficie de impresión *BuildTak* y la cinta Kapton son alternativas para la fijación de las piezas a la plataforma fría que pretenden mejorar la adhesión de las mismas y representan una alternativa al empleo de laca.

4.2. Piezas impresas en el aula

No han sido pocos los problemas que la puesta en marcha de la impresora ha ofrecido, sin embargo, nos parece imprescindible mostrar qué era capaz de hacer la impresora que montaron los propios alumnos y cuyos resultados pudieron empezar a verse en el tercer trimestre.

Dado que el diseño de piezas tridimensionales complejas requiere del dominio de ciertos programas de diseño que nuestros alumnos no pueden alcanzar en unas pocas clases, se decidió realizar algunas impresiones complejas que pusieran a prueba el funcionamiento de la máquina.

Tabla 1: Presupuesto ejecutado.

Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Kit Prusai3 Hephestos	1	509,90	509,90
Filamento PLA 1 kg. 1,75 mm color plata	1	21,90	21,90
Cuerpo extrusor HeatCore Unibody	1	99,90	99,90
Polea GT2 20 dientes 6,35 mm	1	3,63	3,63
Laca fijadora mate	1	5,60	5,60
Rodamientos lineales tipo LM8UU	4	1,51	6,04
BuildTak Superficie Impresión 3D	1	29,04	29,04
Cinta Kapton 25mm x 20m	1	4,54	4,54
Impresión poster A2 y A4	1	6	6
Copia fotografía 10x15	20	0,30	6
Transporte	1	5,06	5,06
TOTAL			697,61

Estos diseños complejos se tomaron de la web (Thingiverse, 2016) que es un repositorio de modelos tridimensionales listos para imprimir. Así, y como muestra la [figura](#) se tomaron de dicha web la torre de Pi y el astronauta que se muestran, cuya impresión requirió de más de veinte horas de impresión ininterrumpida.

Por último se muestra la impresión del logo del centro de secundaria Juan de Garay, diseñado por los profesores del centro, como elemento conmemorativo del 50 aniversario del centro que se celebraba durante aquel curso lectivo.

5. Trabajo futuro

El presente trabajo ha abierto numerosas posibilidades a la hora de plantear trabajos futuros. En las siguientes líneas se plantean algunas de las opciones más claras.

1. Refrendar la experiencia buscando experiencias similares en entornos distintos. Es interesante a la vez que enriquecedor poder realizar y luego analizar una experiencia similar en un entorno completamente distinto. Se tiene previsto realizar experiencias similares no solo en distintos centros, sino también en distintos países. Se propone realizar una comparativa de experiencias, teniendo en cuenta las diferencias de poder adquisitivo, cultural, social, nivel de desarrollo tecnológico, etc. La idea es ver cómo influyen todo estos factores en la aceptación y enseñanza tecnológica.
2. Participación en foros de discusión didáctica tanto universitario como de enseñanza secundaria. Se tiene previsto participar en foros internacionales para presentar la experiencia. En particular, en uno de los eventos planificados participan profesores de institutos de formación profesional, institutos de bachillerato y profesores universitarios de ocho países del Suroeste de Europa. En el congreso se presentarán trabajos en la metodología y didáctica de la enseñanza de la física, ejemplos de buenas prácticas de los profesores y mesa redonda sobre experiencias de la región en la aplicación de la tecnología digital y multimedia en la enseñanza de la física. Este foro es un ejemplo de cómo intercambiar ideas para los trabajos futuros.
3. Proyecto conjunto entre diferentes escuelas/universidades sobre un aula virtual de aprendizaje y diseño colaborativo en impresión 3D. La intención de la participación en los foros,



Figura 1: Algunos ejemplos de las piezas impresas con la Prusai3 montada por los alumnos.

entre otros, es buscar sinergias entre los institutos de enseñanza secundaria y las universidades con el fin de encontrar marcos de colaboración futura. El principal marco que se buscará es un proyecto de formación en el que involucrar tres niveles de socios: expertos en impresión 3D, profesores/investigadores universitarios y profesores de enseñanza secundaria con el fin inmediato de elaborar material didáctico, pero con el fin último de aflorar ideas en jóvenes emprendedores en base al conocimiento transmitido desde los entornos de investigación. La idea es plantear un proyecto en el programa Erasmus+, en particular Key Action 2 (KA2), sea como Strategic Partnership o como Knowledge Alliance (dos de las variantes que ofrece dicho programa).

6. Conclusiones

Hemos mostrado en este trabajo como es posible la implementación de un proyecto CTIM interdisciplinar en el aula de Tecnología como vehículo de aprendizaje significativo. El alumnado se mostró en todo momento interesado en el proyecto, lo cual demuestra la importante contribución a la elevación de la motivación extrínseca que tiene la elección de una metodología activa y participativa del alumnado en la construcción de sus propios conocimientos, así como en la mejora de su autoconcepto al exponer y difundir su trabajo. Situamos así el trabajo en el aula en consonancia con lo que organismos nacional e internacionales sugieren como retos de la educación a conseguir en el corto y medio plazo. La colaboración con el entorno universitario así como la difusión de los resultados de la experiencia son retos futuros cuya consecución y planificación estratégica han sido también esbozados en el presente trabajo.

Referencias

-  Johnson L., Adams Becker S., Estrada V. and Martín S. (2013).
Perspectiva tecnológica para la educación STEM 2013-18: Análisis sectorial Proyecto Horizon NMC.
 The New Media Consortium.
-  Johnson L., Adams Becker S., Estrada V., Freeman A. (2014).
NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition.
 The New Media Consortium.
-  Ministerio de Educación, Secretaría de Estado de Educación y Formación Profesional (2011).
Objetivos Educativos Europeos y Españoles, Estrategia Educación y Formación 2020.
 Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
-  El 70 % de los bebés de hoy trabajarán en una profesión aún no inventada.
<http://www.eleconomista.es/espana/noticias/6095300/09/14/El-70-de-los-bebes-de-hoy-trabajaran-en-una-profesion-aun-no-inventada.html>
-  European strategy for KETs.
https://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/european-strategy_es
-  Fabulous: the european 3D printing accelerator.
<http://fabulous-fi.eu/>.
-  Guía montaje Prusa2.
<https://www.youtube.com/playlist?list=PL5214FB3136B7E69A>
-  Tutorial de SketchUp.
<https://www.youtube.com/watch?v=70HDNZezFqc&list=PLKFoxKzL76HDvGZqy4fQG9oF0nN5HI2>
-  Uso de Tiching en clase de Tecnología.
<https://www.youtube.com/watch?v=oLEHcCC5ZLQ>
-  Thingiverse.
<https://www.thingiverse.com/>