

## La carrera en la tecnología de la impresión 3D

Las impresoras 3D han irrumpido en el panorama actual siendo empleadas en muchos entornos: la industria, la medicina, el arte, la gastronomía y hasta en el hogar. Esta nueva herramienta permite obtener objetos completamente funcionales que anteriormente requerían de costosos procesos de fabricación. El proyecto RepRap, apoyado en la comunidad open-software y open-hardware, ha convertido estas máquinas en un claro ejemplo de los beneficios del código abierto.

En este artículo se introducen las tecnologías más importantes de la impresión 3D y cómo han evolucionado apoyándose en una comunidad muy participativa. Junto con esta introducción se ofrece una visión general de las aplicaciones más interesantes y los materiales empleados, junto con el flujo de trabajo para la creación de un objeto desde su diseño en un ordenador hasta la materialización en una impresora 3D.

**E**stá en todas las noticias, el uso de la impresión 3D tiene cada vez más repercusión aunque hace más de tres décadas de la aparición de este método de fabricación.

A finales de los setenta fue patentado el primer proceso de fabricación basado en capas[2], pero es en el año 1986 cuando se patenta el método de fabricación por adición llamado sinterizado láser selectivo(SLS). Esta tecnología consiste en crear el objeto a partir de finas capas de un material en polvo donde un láser funde las partículas solidificándolas.

Paralelamente, en 1987 se patenta la estereolitografía (SLA) por un integrante de 3DSystems[3], una de las empresas más importantes en el desarrollo y producción



### E. David Fariña Santana

Ingeniero de Telecomunicación en el grupo de investigación "Nanobiosensors and Bioanalytical Applications - nanoB2A[1],"

edavidfs@gmail.com

@edavidfs

de impresoras 3D. El principio del SLA consiste en el curado de un polímero sensible a la luz ultravioleta mediante la exposición de cada capa. Cada vez que se expone una capa se añade otra delgada capa de este polímero que vuelve a sufrir el proceso de curado hasta obtener el objeto tridimensional.

En medio de esta revolución del prototipado rápido se patentó la técnica de modelado por deposición fundida (FDM - Fused Deposition Modeling). En este caso las capas se crean a partir de un material, normalmente un termoplástico, que se funde a medida que un fusor realiza trazos de cada capa previamente calculado por un software.

Una última tecnología denominada *inkjet 3D printing* capaz de crear un objeto a todo color fue presentada en 1995. Su principio es similar al sinterizado láser, pero para unir las partículas de polvo se emplea un agente curante al que se le incluye el color, en lugar de un láser.

### La revolución del código abierto

Consciente del potencial de la impresión 3D y del posible bloqueo del conocimiento y uso mediante patentes, el profesor Adrian Bowyer crea en 2005 el proyecto RepRap(Replicating Rapid-Prototypers). Su objetivo era construir una máquina de prototipado rápido que fuera capaz de reproducirse a sí misma. El éxito del proyecto pasaba por el mundo open-source y open-hardware, y para fomentarlo se creó el blog de RepRap[4], donde rápidamente los colaboradores comenzaron a publicar los avances, buscando un enfoque abierto y huyendo de patentes.

El primer hecho importante del proyecto sucede en septiembre del 2006 cuando la primera impresora, empleando el modelado por deposición fundida (FDM), reproduce una de sus propias piezas, comenzando de esta forma la autoreplicación. No es hasta 2008 cuando se completa la primera autoréplica y tan solo en 5 meses existían más de 100 replicas de la primera versión.

## Las aplicaciones de la impresión 3D, el mundo por descubrir

Es en la ingeniería donde impresión 3D ha agilizado el desarrollo de productos gracias a la rapidez para materializar el diseño y modificarlo antes de validarla para su fase de producción, reduciendo drásticamente los costes económicos.

Otra de las áreas más prometedoras es la de la medicina, donde la impresión de biomateriales[5] que permitan la regeneración o creación de órganos para su posterior trasplante al paciente es uno de los objetivos más ambiciosos.

Junto con la impresión de biomateriales, otra rama de la medicina que se ha visto beneficiada es la traumatología. Actualmente se trabaja en el diseño de exoesqueletos artificiales[6] que mejoran la protección y recuperación de un trauma óseo o en el desarrollo de prótesis funcionales de código abierto de bajo coste[7] [8].

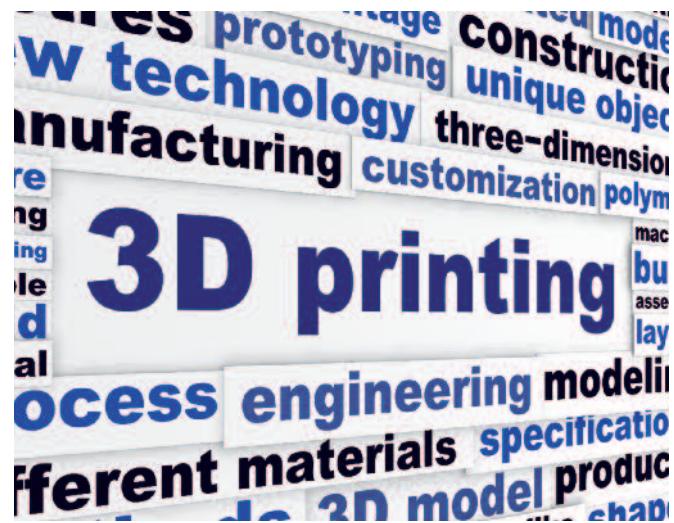
La impresión 3D ha superado la barrera de la industria o de la ciencia alcanzando el ámbito doméstico. Este fenómeno presenta un nuevo panorama de fabricación casera, donde los objetos más comunes pueden ser reparados, reemplazados o adaptados según nuestras necesidades. Desde un juguete para un niño, herramientas o elementos de decoración son algunos de los objetos más impresos por los poseedores de esta nueva herramienta.

**“Otra de las áreas más prometedoras es la de la medicina, donde la impresión de biomateriales que permitan la regeneración o creación de órganos para su posterior trasplante al paciente es uno de los objetivos más ambiciosos”.**

## La evolución de las impresoras open source

Desde la primera versión “Darwin”, los beneficios del enfoque open-source y open-hardware han permitido la evolución constante de las impresoras 3D. La primera gran evolución de “Darwin” fue llamada “Mendel”, donde se pasa de una estructura en forma de cubo a una estructura triangular, aportando estabilidad y sencillez.

Posteriormente Josef Prusa, colaborador del proyecto RepRap, partiendo del modelo “Mendel”, desarrolló su propia versión: “Prusa Mendel”, donde incorporó mejo-



ras de las piezas plásticas. Su segunda versión, “Iteración 2”, es uno de los modelos más reproducidos de la rama “Mendel”.

Otro miembro del proyecto RepRap, Zach “Hoeken” funda MakerBot Industries en 2009, convirtiéndose en la empresa más importante de impresoras 3D de código abierto. Sus impresoras poseían la estructura de madera en forma de cubo. En 2012 con su último diseño “Replicator2”, deja de ser de código abierto por lo que fue duramente criticada en la comunidad RepRap.

En 2012 se publica un nuevo enfoque de la estructura de la impresión 3D basada en un robot delta, llamada “Rostock”. Este diseño simplifica la estructura y el número de piezas plásticas, además de aumentar la altura de impresión de forma muy sencilla.

A finales del año 2012 Prusa publica su tercera versión de impresora 3D, la “Prusa i3”, simplificando la estructura y su proceso de construcción. Esta versión se basa en el uso de un marco en lugar del uso de varillas rosadas para dar soporte a los elementos del eje Z.

Muchos científicos han desarrollado y adaptado las impresoras para desarrollar sus investigaciones. Existe una versión documentada para la impresión de biomateriales llamada BioPrinting[9], con un diseño que emplea lectores de DVD para el movimiento en el plano XY y cartuchos de tinta reciclado como extrusores para la deposición del material biológico.

## Materiales empleados en impresoras RepRap

El material a partir del cual las impresoras crean los objetos parte de un filamento plástico, de 3/1.75 mm de diámetro. Los dos materiales más utilizados son el ABS y el PLA, termoplásticos muy empleados en la industria,

aunque en la actualidad están surgiendo multitud de opciones con diferentes características.

El ABS es un termoplástico con una gran resistencia al impacto, por lo que es muy empleado en la industria de la automoción o en juguetes. Su temperatura de fusión se encuentra en torno a los 220º.

Por el contrario el PLA es un polímero biodegradable, derivado de biomasas como maíz o caña de azúcar, por lo que es empleado en entornos como alimentación o medicina. Sus propiedades físicas son similares a la del ABS, aunque posee mayor fragilidad y su temperatura de fusión disminuye a los 170º.

Recientemente han surgido materiales más flexibles como el nylon o filaflex que poseen una mayor capacidad de deformación y elasticidad, ideal para la impresión de objetos que precisen de estas cualidades como carcasas de móviles o amortiguadores.

## Partes de la impresora

Las impresora RepRap se pueden diferenciar por la estructura que soporta sus componentes mecánicos. Principalmente se emplean 4 estructuras: con forma de cubo (Darwin o Makerbots), con forma triangular(Mendel), basada en marco(Prusa I3) y estructura basada en el robot delta(Rostock).

**“Desde la primera versión “Darwin”, los beneficios del enfoque open-source y open-hadrware han permitido la evolución constante de las impresoras 3D”.**

En la estructura se instalan los motores paso a paso que permiten el movimiento de los tres ejes (x, y, z) más un motor para empujar el filamento hacia el fusor. Los ejes X e Y emplean poleas y correas para mover el fusor por la base donde se creará la pieza. Para el eje Z dos motores modifican la altura de la base con respecto al fusor para crear cada capa. La impresora delta “Rostock” en cambio solo emplea tres motores con sistema de correa y poleas para mover los tres ejes. Unos finales de carrera permiten establecer el punto de origen de cada eje antes del comienzo de impresión de una pieza.

El extrusor esta compuesto por el cuerpo del extrusor donde se instala un motor con un tornillo dentado que empuja el plástico hacia el fusor o *hot-end*. Este último es

uno de los elementos más importante de la impresora, y la calidad de la impresión depende en gran medida de sus características. Posee una resistencia que calienta el extremo final donde se sitúa la punta con un pequeño orificio(0.1 - 0.6mm de diámetro) por donde se vierte el filamento.

La base donde se crea la pieza puede estar calefactada para mejorar la adherencia de la primera capa. Tanto para el extrusor como para esta base caliente se emplean termistores como sensores que permite fijar la temperatura adecuada para cada impresión en función del material utilizado.

## La electrónica

El cerebro de la impresora se basa en la plataforma open-hardware Arduino[10], aunque existen otras soluciones. Estas tarjetas emplean un microcontrolador ATMega2560 de Atmel[11], este posee una gran variedad de señales de entrada/salida, conversión de señales analógico/digital, canales PWM, además de una interfaz USB por la que se gestiona la impresión y la carga del Firmware.

Al microcontrolador se le añade electrónica adicional para el control de la corriente de la resistencia del fusor o la base caliente, y para la gestión de los motores mediante el uso de *drivers*. Esto se incluye en una tarjeta de expansión o *shield* llamada RAMPS(Reprap Arduino Mega Pololu Shield), en caso de una tarjeta Arduino, o integrando todo en una sola placa en el caso de la Sanguinololu, RAMBo, Megatronics o RUMBA.

## Flujo de trabajo, desde el ordenador a la mano

La creación de una pieza comienza con su diseño en un programa CAD, donde se le da forma y dimensión. Tras esta fase, el diseño se exporta al formato \*.stl, que define la geometría de la pieza en tres dimensiones empleando tetraedros, sin información de color ni textura.

Este archivo \*.stl es introducido en un software de laminado, generalmente desarrollado bajo licencia open-source (skeinforge, slic3r o Cura), que lama la pieza en capas y calcula la trayectoria que debe realizar el extrusor en cada capa, así como la anchura del trazo. Esta información se traduce a un listado de comandos que se almacena en un formato de archivo denominado gcode, empleados en procesos automático de control numérico.

Este archivo gcode se envía a la impresora, ya sea vía USB o usando una tarjeta SD a la que se le carga el archi-

vo. La electrónica interpreta cada comando gcode para generar el movimiento de los motores, establecimiento de la temperatura y la cantidad de plástico necesaria en el momento preciso.

Ejemplos de comandos gcode:

```
G28 ; Ir al Home  
G92 X0 Y0 Z0 E0 ; Definir posición actual a 0,0,0  
M140 S80 ; Temperatura de la cama  
M109 S240 ; Temperatura del fusor  
G1 X10 ; Ir a la posición x=10mm  
G1 F100 E10 ; Extruir 10mm
```

## La comunidad RepRap

El proyecto RepRap ha calado hondo en la comunidad de "Makers", extendiéndose rápidamente gracias a la participación de los colaboradores. En España esto no ha sido una excepción, siendo una de las comunidades más activas en el proyecto.

Gran parte del éxito de participación de la comunidad española se debe al proyecto *Clones Wars*[12], creado por Juan González Gómez(Obijuan), Ingeniero de Telecomunicaciones y Doctor en Robótica. Obijuan ha publicado muchos de los tutoriales que han ayudado a muchos iniciados en la construcción de sus propias impresoras 3D.

El proyecto *Clones Wars* es un proyecto abierto cuyo objetivo es que cualquiera construya su propia impresora 3D. Para ello posee un lista de correos como medio de comunicación y una wiki que hace de almacén de conocimiento. Para facilitar su construcción existe un sistema de donaciones de piezas plásticas para la impresora. Esto ha permitido la creación de un árbol genealógico de más de 200 impresoras 3D.

Recientemente, la Asociación Canaria de Ingenieros de Telecomunicaciones junto con la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica(EITE) ha organizando unos cursos para la construcción de estas impresoras con la colaboración de 3dinvasion.com, el Instituto para



el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Comunicaciones (IDeTIC), el Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada (IUMA) y el Cluster de la Ingeniería de Canarias. En ellos casi 40 alumnos de ingeniería, arquitectura y profesionales han construido su propia impresora 3D introduciéndose en este mundo y de donde ha nacido la Comunidad Canaria de usuarios RepRap[13]. ☺

### Notas:

- 1 ICN2 - Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia, CSIC - Consejo Superior de Investigaciones Científicas y CIBER-BBN - Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina.
- 2 <http://www.google.com/patents/US4247508>
- 3 <http://www.3dsystems.com>
- 4 <http://blog.reprap.org/>
- 5 Toward engineering functional organ modules by additive manufacturing doi:10.1088/1758-5082/4/2/022001
- 6 <http://jakevilldesign.dunked.com/cortex>
- 7 <http://robohand.net/>
- 8 <http://www.openhandproject.org/>
- 9 <http://biocurious.org/projects/bioprinter/>
- 10 <http://www.arduino.cc/>
- 11 <http://www.atmel.com/>
- 12 [http://www.reprap.org/wiki/Proyecto\\_Clone\\_Wars](http://www.reprap.org/wiki/Proyecto_Clone_Wars)
- 13 <http://www.canaryreprap.com/>

## THE RACE FOR 3D PRINTING TECHNOLOGY

This article lists the major technologies used by 3D printers as well as their evolution within a widespread development community participating in the RepRap project which is a great example of open software &

hardware cooperation. Also described are the most interesting applications and the most appropriate polymers used in 3D printing along with the steps required to go from computer design to final printed objects as

applied to industry, medicine, art, gastronomy and the home. In Spain, open projects such as Clones Wars help build your own 3D printers by providing know-how and donated plastic parts.