

Tecnologías de fabricación aditiva

La impresora 3D, antecedentes y funcionamiento

Carlos Augusto Heredia Martínez¹
MSc. Juan Pablo Franco Rubio²

Resumen

Poder fabricar objetos, piezas y modelos físicos con los cuales se puedan hacer estudios de funcionalidad, resistencia, textura, entre otras características, es de gran importancia tanto en el ámbito académico como en el empresarial. Por ejemplo, en el sector educativo, la utilización de la tecnología de impresión 3D facilita la implementación de proyectos en etapas críticas como el prototipado. De igual forma, en la medicina, el diseño de prótesis personalizadas da una solución a bajo costo para las personas con discapacidades físicas.

En este artículo inicialmente se realiza una breve introducción a los antecedentes de la impresión 3D, luego se presentan diferentes tecnologías de adición de material en la elaboración de objetos, posteriormente se identifican las etapas características del proceso de impresión y finalmente se reconocen algunos de los materiales más usados en diferentes aplicaciones de esta tecnología.

Palabras clave: Impresión 3D, Prototipado rápido, Diseño asistido por computadora, Fabricación asistida por computadora, Materiales termoplásticos.

Abstract

Be able to manufacture objects, parts and physical models, with whom they can do usability studies, strength, texture, and other features. It is of great importance both in academia and in the business. For example, in the education sector, the utilization of 3D printing technology facilitates the implementation of projects at critical stages such as prototyping. In the same way, in medicine, prostheses custom design gives a low-cost solution for people with physical disabilities.

This article initially made a brief introduction to the antecedents of 3D printing. Then, shows; different technologies, addition of material in the production of objects. Later, the stages of the printing process characteristics are identified and finally some of the materials commonly used in different applications of this technology are recognized.

Keywords: 3D printing, prototyping, CAD, CAM, thermoplastic materials.

¹ Estudiante del programa de Ingeniería Electrónica de la CUN, miembro de la Rama Estudiantil IEEE CUN y líder de la iniciativa en desarrollo e investigación aplicada de la tecnología en impresión 3D.

² Docente Titular del programa de Ingeniería Electrónica de la CUN, investigador del grupo IDECUN y docente consejero de la Rama Estudiantil IEEE CUN.

Introducción

Así como el modelado de un objeto en una herramienta de software para la diagramación de sólidos en 3D, diseño asistido por computadora – CAD, facilita la elaboración de formas complejas y su respectiva representación gráfica. Las impresoras 3D facilitan la materialización de objetos sólidos en una maqueta real o en un modelo físico. En la Ilustración 1 se muestra una impresora 3D.

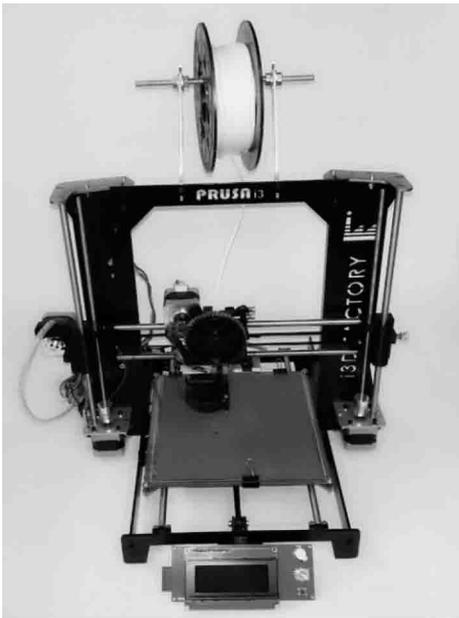


Ilustración 1.

Tradicionalmente la mayoría de la manufactura se ha realizado con máquinas cuya función fija esta estructuralmente bien definida para la fabricación de un producto determinado, pero si el producto cambia, las máquinas que lo elaboran también deben readaptarse o cambiarse, De tal forma, si se dispone de una impresora 3D, las condiciones anteriores pasan de ser un problema a una oportunidad de fabricación versátil.

Teniendo en cuenta la necesidad de la apropiación de la tecnología para la impresión 3D y sus beneficios en el mejoramiento continuo de los procesos de diseño y fabricación de objetos

con volumen, se introduce la tecnología Fused Deposition Modeling – FDM o Modelado por Deposición de material Fundido.

Metodología

Desarrollo de la Tecnología de impresión 3D

El desarrollo tecnológico de la impresión en 3D surgió a finales de 1980 cuando Charles W. Hull, inventor destacado en el campo de la óptica iónica, idea el primer método de impresión 3D, la estereolitografía (Estados Unidos Patente n° 4575330, 1986) que es un sistema de prototipo rápido por el cual se obtienen modelos sólidos en tres dimensiones mediante el procesamiento de datos organizados en un archivo .stl (Fonda, 2015). Posteriormente entro en escena una de las tecnologías más populares para la impresión 3D, El Modelado por deposición de material fundido - FDM, la cual fue desarrollada y patentada por S. Scott Crump en 1989 y fue comercializada en 1990 por la compañía que el mismo cofundó, Stratasys (Sanchez Jimenez, 2004).

El proyecto RepRap publica toda la información necesaria para que cualquier persona interesada en el tema pueda fabricar una impresora 3D, este se originó en 2004, cuando Adrian Bowyer, profesor de la Universidad de Bath, propuso la idea de una máquina auto replicante capaz de producir una cantidad considerable de piezas necesarias para construir otra máquina similar. En su momento, el principal reto fue determinar la tecnología adecuada para la creación de piezas mecánicas y estructurales, así como la electrónica relacionada (Guerrero & Espinosa, 2014).

A continuación se presentan técnicas de prototipado rápido las cuales pueden ser divididas en varias categorías según el estado del material y el proceso que se utiliza para la elaboración de la pieza. Ver Ilustración 2.

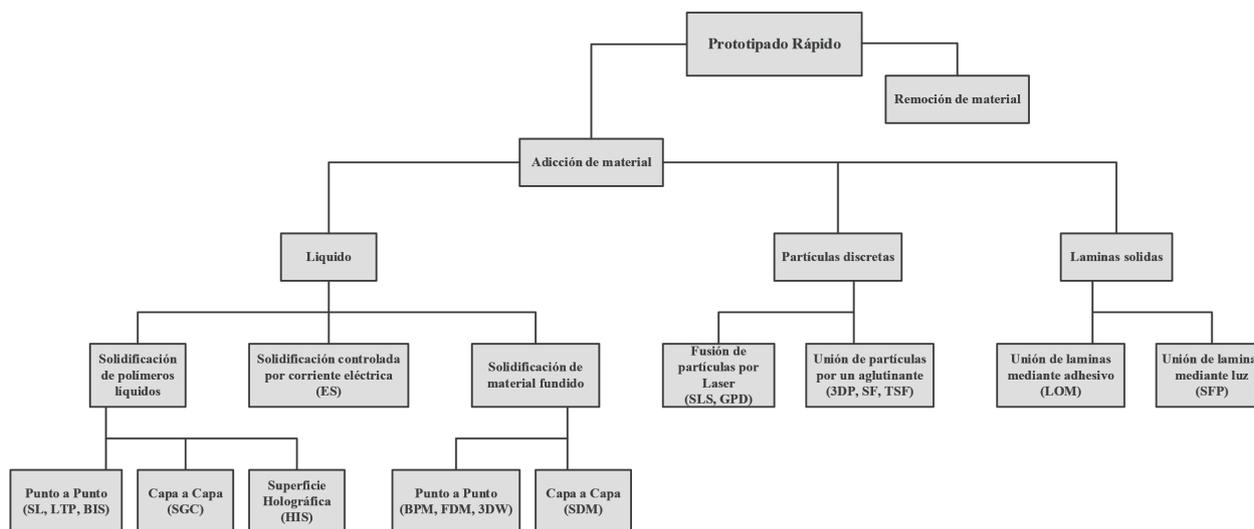


Ilustración 2.

Reseña de las técnicas de fabricación aditiva:

► **Basadas en líquidos:** El material está inicialmente en estado líquido, y es transformado en sólido mediante un proceso de curado.

► **SL o Estereolitografía:** Fue el primer sistema comercial de prototipado rápido creado en 1988 por 3D Systems Inc. (Ranellucci, 2013)

► **SOUP o Impresión láser ultra violeta de sólidos** Desarrollado por CMETInc. en 1990. (Ranellucci, 2013)

► **SLA.** Es un procedimiento en el cual se solidifica una resina foto curable que puede ser resina Epoxi o resinas acrílicas en estado líquido mediante la acción del láser ultravioleta. Esta solidificación se va realizando por capas hasta realizar la pieza. También se puede identificar con la denominación de STL (Bandyopadhyay, Gualtieri, & Bose, 2015).

► **Curados por lámpara UV enmascarada:** la foto polimerización es producida al mismo tiempo en toda la superficie del líquido por una lámpara ultravioleta a través de una máscara que se modifica para cada capa. Una vez realizado el curado, el líquido se sustituye por cera que establece un apoyo sólido para la siguiente capa, la cual debe ser pulida antes de la siguiente deposición de material. Es un método muy rápido y no necesita elementos auxiliares de

soporte, pero es costoso y la cera debe ser retirada posteriormente pues genera residuos. Fue desarrollado por Cubital Ltd. En 1991 con la denominación SGC (Trevejo-Bocanegra, Fernández, & Calderón-Ubaqui, 2013).

► **Impresión por inyección:** Las piezas son formadas mediante la inyección gota a gota de un fotopolímero que es curado con luz ultravioleta. Desarrollado por Object Geometries Ltd. en 2000, bajo la denominación de InkJet Rapid Prototyping o Polyjet.

► **SLS o Sinterización selectiva láser.** Se deposita una capa de polvo de unas décimas de milímetro, en un recipiente que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo, después un láser Co2 solidifica el polvo en los puntos deseados (Sanchez Jimenez, 2004).

► **Basadas en sólidos:** El material se encuentra inicialmente en estado sólido, este es recortado, pegado o fundido y solidificado nuevamente para formar el objeto.

► **LOM o Fabricación por corte y laminado.** Una hoja de papel encolado se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente que la adhiere a la hoja precedente.

► **DSPC o Proyección aglutinante.** Esta tecnología trabaja mediante la deposición de ma-

Ilustración 2. Diseño propio, basado en "A comparison of rapid prototyping technologies" Pham & Gault, (1998). Técnicas de prototipado rápido.

terial en polvo sobre capas, consiste en la mezcla selectiva mediante la impresión de chorro de tinta de un material aglutinante (Sanchez Jimenez, 2004).

Modelado por Deposición de material Fundido - FDM:

En este artículo se enfatiza la tecnología FDM cuyo término equivalente es Fabricación de Filamento Fundido – FFF y fue utilizado por los miembros del proyecto RepRap para proporcionar una frase que legal sin restricciones de uso.

La tecnología FFF, se basa en la adición de material por capas sucesivas para obtener objetos tridimensionales directamente desde el archivo generado en una herramienta de software CAD. Se presenta a continuación una breve descripción de la tecnología FFF:

1. El proceso inicia con el diseño del objeto que se desea imprimir, utilizando una herramienta de software para modelado 3D conocido como CAD - Diseño Asistido por Computador. Para esta actividad existen diferentes opciones como los paquetes de diseño licenciados: Solidworks, Autocad, Maya, Rhinoceros, entre otros. Por otro lado se encuentran herramientas de Software libre como: Openscad, FreeCAD, ProEngineer, Blender, entre otros. También se pueden utilizar aplicaciones web que ayudan en el proceso de modelado digital como: 3Dtin, ShapeSmith o Cubify. Adicionalmente existen diferentes repositorios de modelos 3D disponibles en la Web, los cuales se integran por figuras en 3D diseñadas por personas que comparten sus creaciones, algunos de estos repositorios son: Thingiverse, GrabCAD y Shapeways.
2. Después del diseño del objeto digital en 3D, se debe generar un archivo en formato “.stl”, el cual contiene toda la información geométrica del objeto a imprimir, en el mencionado archivo no se encuentra información relacionada al color, textura u otras propiedades físicas que si estarían presentes en otros formatos CAD.

En este instante, la impresora 3D requiere información relevante como: el movimiento del cabezal de impresión o extrusor, el movimiento de la plataforma en donde se posicionará el objeto en construcción, la cantidad de material a adicionar, el tiempo exacto en el cual debe empezar y parar la extrusión y la temperatura que debe alcanzar la boquilla. Esas rutas de movimiento y comandos de extrusión se encuentran en un formato “Gcode”, el cual es generado por medio de un programa de laminado como: skeinforge, slic3r, Cura, repsnapper o SFACT.

3. El Gcode se carga en la impresora por medio de un host, el cual es un programa instalado en el computador, ejemplos de host son: printron, repsnapper, replicatorG y Repetier-Host
4. Configurar el firmware del controlador de la impresora 3D para establecer el comportamiento físico del Gcode. Algunos ejemplos de firmware son: Sprinter, Marlin, Teacup y FiveD (CANESSA, 2013).

Parámetros importantes en el proceso de impresión 3D:

- **La velocidad de impresión:** Es la velocidad a la cual se mueve la boquilla de extrusión mientras deposita el filamento durante la elaboración de la pieza.
- **La temperatura del fusor:** Temperatura adecuada para el tipo de filamento empleado.
- **El diámetro de la boquilla o nozzle:** Establece el diámetro del material de deposición. boquillas más gruesas darán como resultado menor tiempo de impresión y menor resolución superficial en el objeto elaborado.

Materiales usados en la impresión 3d:

Los 2 materiales más usados en la impresión 3D pos FDM son el ABS) y el PLA.

- **ABS–Poliacrilonitrilo butadieno estireno:** Es un termoplástico amorfo extraído del petróleo, está formado por bloques de acrilonitrilo, butadieno y estireno. Presenta unas buenas propiedades mecánicas que lo hacen adecuado

para su uso en automoción y otras aplicaciones industriales, y también para otros usos domésticos. El costo de producción de estos Polímeros está estrechamente ligado al precio del crudo y no es ecológico debido a la emisión de gases de efecto invernadero durante su producción (Fonda, 2015).

► **El PLA – ácido poliláctico:** Es un polímero constituido por moléculas de ácido láctico y es actualmente el polímero biodegradable más popular en la industria. Los polímeros biodegradables se pueden dividir en dos categorías: derivados del petróleo y derivados de componentes naturales.

Otros materiales de uso común son:

► **El HIPS:** Poliestireno de alto impacto es un material muy parecido al ABS, y que requiere los mismos perfiles de temperaturas. Suele usarse en combinación con el ABS para hacer piezas con espacios huecos, usando el HIPS como soporte que luego se eliminará con D-Limoneno, con el que es soluble mientras que a él la acetona no le afecta. Al igual que el ABS soporta mal la luz UV y su densidad es de 1,04 g/cm³.

► **El PET:** Tereftalato de polietileno es uno de los materiales más usados para las botellas y otro tipo de envases. Su principal propiedad es su capacidad de cristalización, generando piezas transparentes con efectos sorprendentes. Es muy fuerte y resistente a los impactos. Su densidad cristalina es de 1,45 g/cm³.

► **Laywoo-d3:** material que requiere condiciones de temperatura similares a las del PLA, con la peculiaridad de que si se aumenta o disminuye unos grados, el color obtenido es más claro u oscuro. Tras enfriarse tiene textura parecida a la madera y las variaciones de temperatura, ya sean controladas directamente, por fluctuaciones o tipo de enfriamiento, dejarán vetas más o menos oscuras.

► **Ninjaflex:** Revolucionario elastómero termoplástico (TPE) que permite crear piezas con

una gran flexibilidad. En sí el filamento tiene prácticamente la consistencia de una cuerda de goma, y las piezas resultantes pueden deformarse ampliamente. La temperatura es muy parecida a la del PLA, con el cabezal a 215°C y la bandeja a 40°C.

► **Nylon:** Es uno de los materiales más complejos para la impresión 3D. Su principal problema es la falta de adhesión de la pieza a la bandeja, que causa muchos fallos además de un warping muy difícil de controlar. Además suele coger fácilmente humedad, por lo que previamente a la impresión 3D se debe secar en un horno durante 3 o 4 horas. A cambio de todas estas dificultades, el nylon es un material muy resistente, poco viscoso, muy resistente a la temperatura y con distintas variedades que le aportan flexibilidad, transparencia y otras cualidades (Trevejo-Bocanegra, Fernández, & Calderón-Ubaqui, 2013).

Aplicaciones de la impresión 3D:

Al pensar en impresión 3D, se está a la expectativa del impacto de esta tecnología en diferentes entornos como: el ámbito social, familiar, laboral, entre otros. Pensar en un objeto y materializarlo al instante sobre una mesa, está asociado a un concepto futurista, sin embargo las impresoras 3D ya han iniciado labores en diferentes ámbitos, como por ejemplo: En la medicina con la elaboración de Partes del cuerpo Humano (Souppouris, 2012) (Print3D World, 2013) (Scaine, 2014). Con los alimentos (Stuyo3D, 2015). En la Arquitectura (Ounae, 2015). En el sector del calzado (Sánchez, 2013). En aplicaciones Aero Espaciales (Imprimalia 3D, 2015).

Discusión

Con la escritura de este artículo se pretende establecer una base de estudio en el desarrollo de la tecnología de impresión 3D, fomentando el trabajo interdisciplinar entre las escuelas de la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior – CUN y otras instituciones aliadas.

Al culminar este artículo se considera que los lectores pueden encontrar razones suficientes en su entorno para motivarse en el empoderamiento de esta tecnología, avanzando en nuevos estudios que den soluciones a necesidades propias de la comunidad y perfilando el desarrollo de aplicaciones como una alternativa de proyecto productivo con un adecuado modelo de negocio, estratégico y funcional.

El programa de Ingeniería Electrónica de la CUN, dispone de esta tecnología y la pone al servicio de la comunidad académica para su aprendizaje y beneficio.

Conclusiones

La tecnología de Modelado por Deposición de material Fundido es una alternativa fácil de implementar, se considera que al continuar con el avance de los estudios de sus características, modo de funcionamiento y materiales de uso, entonces puede ser de gran ayuda en ámbitos académicos y de producción, ya que permite la rápida obtención de piezas 3D requeridas en el desarrollo de proyectos. De igual forma es posible realizar modificaciones a los modelos existentes por medio de herramientas de sof-

ware CAD-CAM rápidamente y sin costos adicionales.

La evolución de la tecnología en impresión 3D se presenta como una excelente alternativa de prototipado de bajo costo. También es una gran alternativa en centros educativos para disponer de manera rápida de los modelos conceptuales y funcionales deseados. Para la apropiación de la tecnología, es importante estudiar conceptos de diseño y procedimientos de impresión.

Conocer los procesos por los cuales se puede materializar un prototipo con aplicación en determinado campo es muy importante, puesto que se agilizan los ensayos o pruebas interactivas. En Colombia ya se vienen trabajando diferentes conceptos y aplicaciones de la impresión 3D, pero los avances en este campo no se dan a un ritmo acelerado, por lo cual se considera este ámbito como un nicho investigativo y de desarrollo que causa interés en los estudiantes de colegio y universidad, con el empoderamiento de esta tecnología las personas y las comunidades pueden direccionar sus esfuerzos educativa y productivamente.

Bibliografía

- ◆ BANDYOPADHYAY, A., Gualtieri, T., & Bose, S. (2015). Global engineering and additive manufacturing. En *Additive Manufacturing* (págs. 1 -18). doi:10.1201/b18893-2
- ◆ CANESSA. (2013). Low-cost 3D printing for science, education & sustainable. Italia.
- ◆ CANESSA, E., Fonda, C., Zennaro, M., & Sreenivasan, K. (2006). A web community to foster science in developing countries: www.ictp.it. *Int. J. of Web Based Communities*, pp.172 - 182.
- ◆ FONDA, C. (2015). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D. Obtenido de Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D: https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/guc3a-da-prc3a1ctica-para-tu-primera-impresic3b3n-3d_carlo-fonda1.pdf
- ◆ GUERRERO, A., & Espinosa, M. M. (2014). Avances en RepRap, Impresión 3D en código abierto. *Dyna*, 34-38.
- ◆ HULL, C. W. (1986). Estados Unidos Patente nº 4575330.
- ◆ I3D Factory. (2015). I3D Factory. Obtenido de PRUSA FACTORY: <http://www.i3dfactory.com/prusa-i3/>
- ◆ Imprimalia 3D. (2015). Imprimalia 3D. Obtenido de La NASA sigue incorporando impresión 3D en metal para reducir costes: <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2015/11/18/005480/nasa-sigue-incorporando-impresi-n-3d-metal-reducir-costes>
- ◆ Ounae. (2015). Ounae. Obtenido de 25 usos inteligentes e innovadores de las impresoras 3D: <http://ounae.com/25-usos-impresoras-3d-aplicaciones-increibles/>
- ◆ PHAM, D., & Gault, R. (1998). A comparison of rapid prototyping technologies. *Int. J. Mach. Tools Manufact.*, 1257-1287.
- ◆ Print3D World. (Julio de 2013). Print3D World. Obtenido de Joven de 17 años crea un brazo robótico impreso en 3D y programado con Arduino: <http://www.print3dworld.es/2013/07/joven-de-17-anos-crea-un-brazo-robotico-impreso-en-3d-y-programado-con-arduino.html>
- ◆ RANELLUCCI, A. (2013). Low-cost 3d printing for science, education & sustainable development. Obtenido de <http://sdu.ictp.it/3D/book.html>
- ◆ SANCHEZ Jimenez, J. (2004). Técnicas de prototipado rápido -. XVI Congreso Internacional de Ingeniería Grafica. Zaragoza.
- ◆ SÁNCHEZ, J. M. (Junio de 2013). ABC Tecnología. Obtenido de La impresora 3D revoluciona la industria del calzado: <http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130618/abci-impresora-zapatos-calzado-201306171237.html>
- ◆ SCAINE, S. (Septiembre de 2014). Impresoras 3D Argentina. Obtenido de Impresora 3D crea un brazo robótico: <http://impresora3dprinter.com/impresoras-3d-argentina-robotica/2013/09/14/>
- ◆ SOUPPOURIS, A. (Febrero de 2012). The Verge. Obtenido de Doctors use 3D printing to rebuild a woman's jaw: <http://www.theverge.com/2012/2/6/2774775/3d-printing-prosthetic-jaw>
- ◆ Stuyo3D. (2015). Stuyo3D. Obtenido de ¿Llegará la impresión 3D de comida a nuestras casas?: <http://stuyo3d.es/llegara-la-impresion-3d-de-comida-a-nuestras-casas/>
- ◆ TREVEJO-BOCANEGRA, A., Fernández, D., & Calderón-Ubaqui, V. (2013). Estereolitografía: Conceptos básicos. *Estomatol Herediana*, 96-100.