



El futuro de la fabricación aditiva, a través del análisis de patentes

The future of additive manufacturing, through patent analysis

Manuel Javier Rosel Solís^{1,2}, Javier Molina Salazar², Alex Bernardo Pimentel Mendoza¹, Vladimir Becerril Mendoza¹, Juan Antonio Paz González¹, Yuridia Vega¹

¹Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México

²Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Autor de correspondencia: Manuel Javier Rosel Solís, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. E-mail: mrosel@uabc.edu.mx, ORCID: 0000-0002-3800-7094.

Recibido: 20 de Mayo del 2019

Aceptado: 13 de Octubre del 2019

Publicado: 30 de Octubre del 2019

Resumen. - *En el presente trabajo se realiza un análisis utilizando la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, considerada la más extensa e importante a nivel mundial, revisando las patentes registradas por los principales fabricantes y desarrolladores de tecnología de fabricación aditiva a nivel industrial y doméstico, para realizar un pronóstico tecnológico que ayude a identificar la tendencia que tendrá el desarrollo de la fabricación aditiva, visualizando cual será el principio de fabricación por esta herramienta tecnológica, que se convertirá en el estándar de la industria y que predomine en el mercado. En los resultados obtenidos en este análisis, todo parece indicar que la fabricación por deposición de plástico fundido, se convertirá en la tecnología dominante en este segmento de la industria.*

Palabras clave: Fabricación aditiva; Patentes; Pronóstico tecnológico; Manufactura.

Abstract. - *In the present work an analysis is carried out using the database of the United States Patent and Trademark Office, considered the most extensive and important worldwide, reviewing the patents registered by the main manufacturers and developers of additive manufacturing technology to industrial and domestic level, to make a technological forecast that helps identify the trend that the development of additive manufacturing will have, visualizing what the manufacturing principle will be by this technological tool, which will become the industry standard and that predominates in the market. In the results obtained in this analysis, everything seems to indicate that the manufacturing by deposition of molten plastic will become the dominant technology in this segment of the industry.*

Keywords: Additive manufacturing; Patents; Technological forecasting; Manufacturing.



1. Introducción

En el año de 1979, la compañía Hewlett Packard, mejor conocida comercialmente por sus siglas HP, desarrolla la tecnología de impresión en papel por inyección de tinta, la cual consiste en inyectar pequeñas gotas de tinta hacia el papel, a través de un proceso térmico. HP en 1984 lanza al mercado su primera impresora de inyección de tinta la cual vino a sustituir al sistema de impresión por matriz de puntos; una tecnología que para muchos era eficiente, pero algo molesta por lo ruidosos que eran esos sistemas [1].

Pero ¿por qué mencionar un sistema de impresión en papel en el tema de manufactura aditiva? Esto es porque la impresión tridimensional, tuvo su origen precisamente en la inyección de tinta. En 1983, Charles Hull crea un proceso digital que consiste en “rebanar” un sólido en capas obteniendo trayectorias y contornos que pueden ser interpretados en forma de movimientos por una máquina. A este formato digital se le conoce con el nombre de estereolitografía. Tomando como base el funcionamiento de la impresora de inyección de tinta, obtiene la primera pieza de impresión tridimensional inyectando materiales aglutinantes para solidificar estratos de polvo polimérico. De ahí, otras empresas e instituciones desarrollaron otros métodos para imprimir piezas de manera tridimensional, sin embargo, el formato digital que se utiliza actualmente para convertir un modelo tridimensional realizado en un programa de diseño como Solidworks, Catia o PTC Creo, entre otros,

es el mismo y se ha convertido en el estándar utilizado en la industria de la manufactura aditiva. Pero, en lo que se refiere a los métodos de fabricación de modelos tridimensional, es necesario hacer un análisis para determinar cuál es la tendencia y determinar cuál es estos procesos desarrollados se convertirá, al igual que el formato digital, en el estándar del mercado [2]. Por esta razón, en este trabajo se realiza una búsqueda en la base de datos de patentes sobre manufactura aditiva para identificar hacia dónde se están orientando los esfuerzos de investigación y desarrollo de alguna de estas tecnologías que pudiera ser dominante en los mercados [3].

2. Antecedentes

Después de ser creada en 1983 por Charles Hull, 3D Systems, gana ventaja al proteger su creación a través del registro de la patente de su invención. Ya entre los años de 1988 y 1989, otras compañías como Stratasys, comienzan a desarrollar otros métodos de fabricación de modelos tridimensionales, tratando de imitar la tecnología de impresión por compactación de polvos (SLA), creado por 3D Systems. El nuevo sistema creado fue el modelado por deposición fundida que consiste en la extrusión de plástico depositado capa por capa sobre una base de soporte.

Las instituciones académicas de inmediato se interesaron en investigar y desarrollar nuevos sistemas de impresión



tridimensional. Tal es el caso del Instituto Tecnológico de Massachussets, que desarrolla en 1993 el sistema de impresión por inyección de plástico (3dp) que es comprado por la empresa Z Corporation, perteneciente a 3D Systems, la cual buscó con esta adquisición conservar su ventaja competitiva en el segmento de la impresión tridimensional. Posteriormente la Universidad de Texas crea el sistema de sinterización selectiva por láser (SLS) que usa en su proceso de fabricación resinas fotosensibles a la luz del láser. El láser realiza, sobre la superficie de resina líquida, un barrido, solidificando el material, construyendo una capa del modelo [4].

Poco a poco se van desarrollando nuevos procesos como el laminado de capas (LOM), sinterizado de metal por láser (DMLS), fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC) y sinterizado selectivo por calor (SHS). Estas tecnologías se distinguen entre sí por los materiales utilizados y el grado de definición con el que pueden construirse modelos tridimensionales, además de su complejidad de operación y el costo de sus insumos [5].

La patente del sistema de compactación de polvos (SLA) de Charles Hull y la de sinterizado selectivo por láser (SLS) caducaron en el 2006, lo cual propició que inmediatamente, otras empresas iniciaran sus propios desarrollos. Sin embargo, la complejidad en el funcionamiento de estas tecnologías y el manejo de sus materiales las han llevado hacia aplicaciones de uso

profesional e industrial por su alto grado de precisión. No así el modelado por deposición fundida (FDM) que es un proceso mucho más sencillo de operar y mantener, a tal grado que en la actualidad el mercado ya está inundándose de proveedores de equipos de impresión de menor tamaño, que ofrecen equipos de escritorio a bajo costo y que utilizan materiales genéricos, más económicos [6].

3. Desarrollo

La industria de la manufactura aditiva ha mantenido un desarrollo constante en los últimos años. Para determinar una tendencia en el crecimiento de esta industria, se realizó un análisis de patentes, tomando como referencia la base de datos de la United States Patent and Trademark Office (USPTO), considerada una de las bases de datos más importantes a nivel mundial. Aunque no debe considerarse como único indicador, el incremento del número de patentes puede indicar la tendencia de crecimiento de un desarrollo tecnológico, es decir, hacia dónde se están dirigiendo los esfuerzos de investigación y desarrollo, de manera que se pueda predecir en un futuro, la tecnología que será dominante. En este trabajo se buscó el número de patentes relacionadas a la manufactura aditiva, en los últimos 7 años pudiendo observar en la Figura 1 que sigue una tendencia al aumento [7].

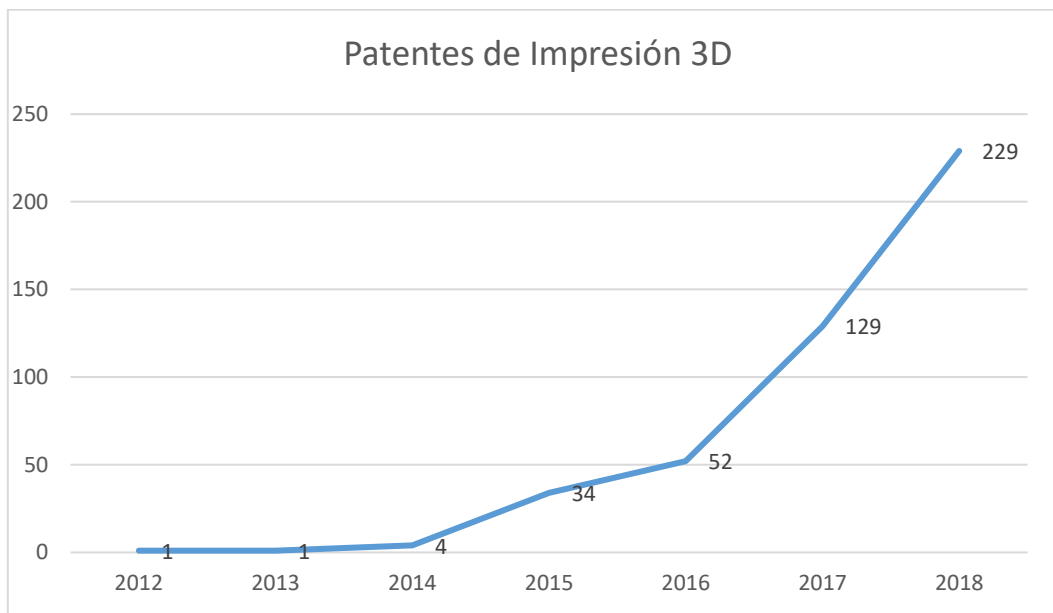


Figura 1: Patentes de impresión 3D en los últimos 7 años.

Por otro lado, si se analizan las patentes tomando en cuenta el método de fabricación, se puede observar que la investigación se ha concentrado en solo 3 tipos de fabricación: el modelado por

deposición fundida (FDM), la fotopolimerización (SLS) y la sinterización selectiva por láser (SLA), siendo estos tres métodos los de mayor difusión en la industria (Figura 2).

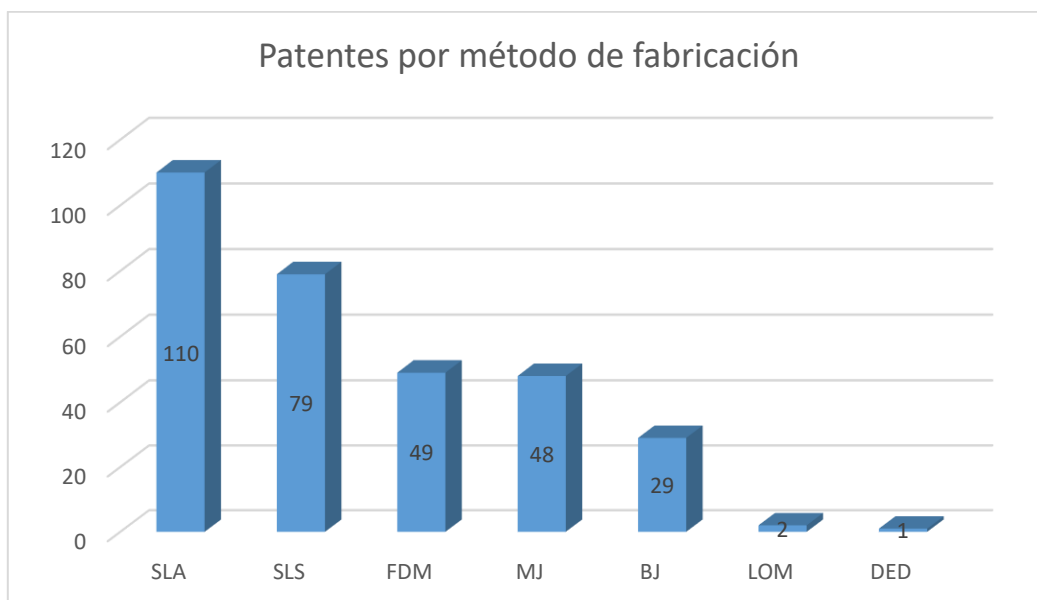


Figura 2. Patentes por método de fabricación.



Realizando una búsqueda tomando como base el nombre de los principales fabricantes de equipos, y que fueron los pioneros en el desarrollo de los métodos actuales de fabricación se encontró que dos empresas son las que encabezan la lista de fabricantes de equipos de impresión

tridimensional; 3D Systems con 50 y que es la que domina el mercado de impresoras tridimensionales por SLA; aparece en cuarto lugar Stratasys, empresa perteneciente a 3D Systems que es líder en la fabricación de equipos de FDM (Figura 3).

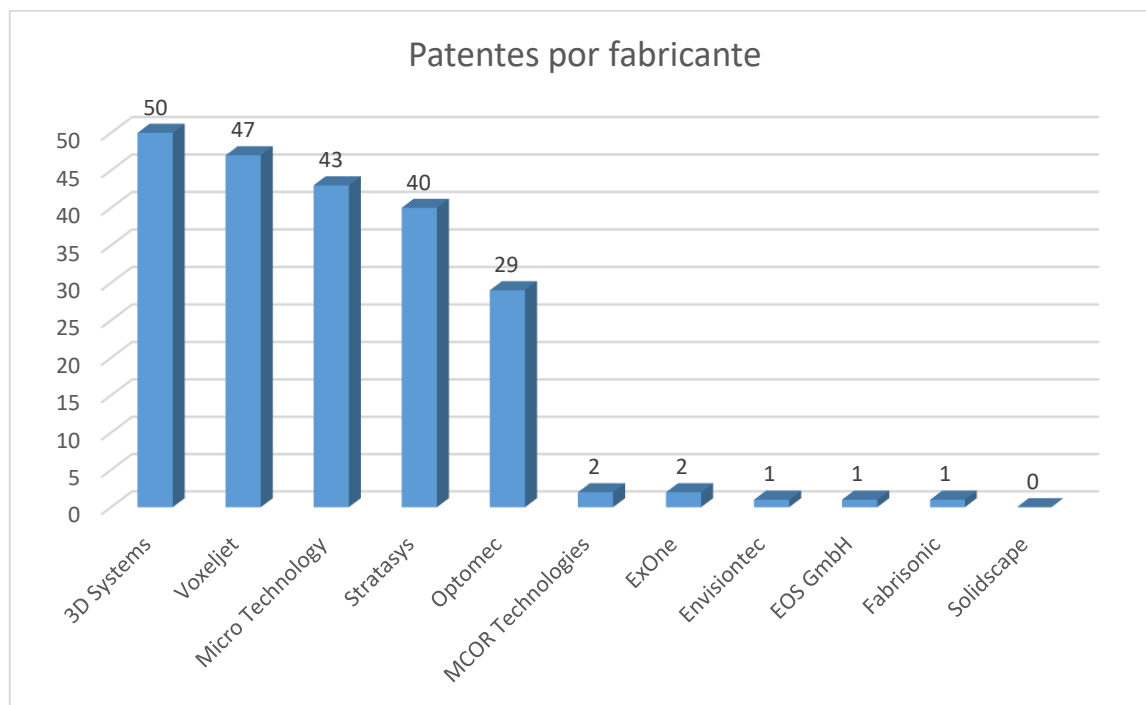


Figura 3. Patentes por fabricantes de equipos de uso industrial.

El análisis realizado a la base de datos de patentes también comprendió la búsqueda de patentes registradas por fabricantes de equipos de impresión tridimensional de uso doméstico. El objetivo de esta búsqueda fue la de conocer si estos fabricantes se estaban dedicando al aprovechamiento de las patentes vencidas de las empresas fabricantes líderes o si también invertían esfuerzos en realizar sus propias patentes.

Se incluyeron fabricantes de diferentes países entre ellos: China, Estados Unidos, Holanda y España. La información presentada en la Figura 4 nos muestra que existen siete empresas que tienen patentes relacionadas con impresión 3D, cinco de ellas son de Estados Unidos y una de Holanda. La empresa que encabeza la lista es XYZ Printing, de China seguida de



Makerbot que pertenece al grupo de empresas formadas por Stratasy

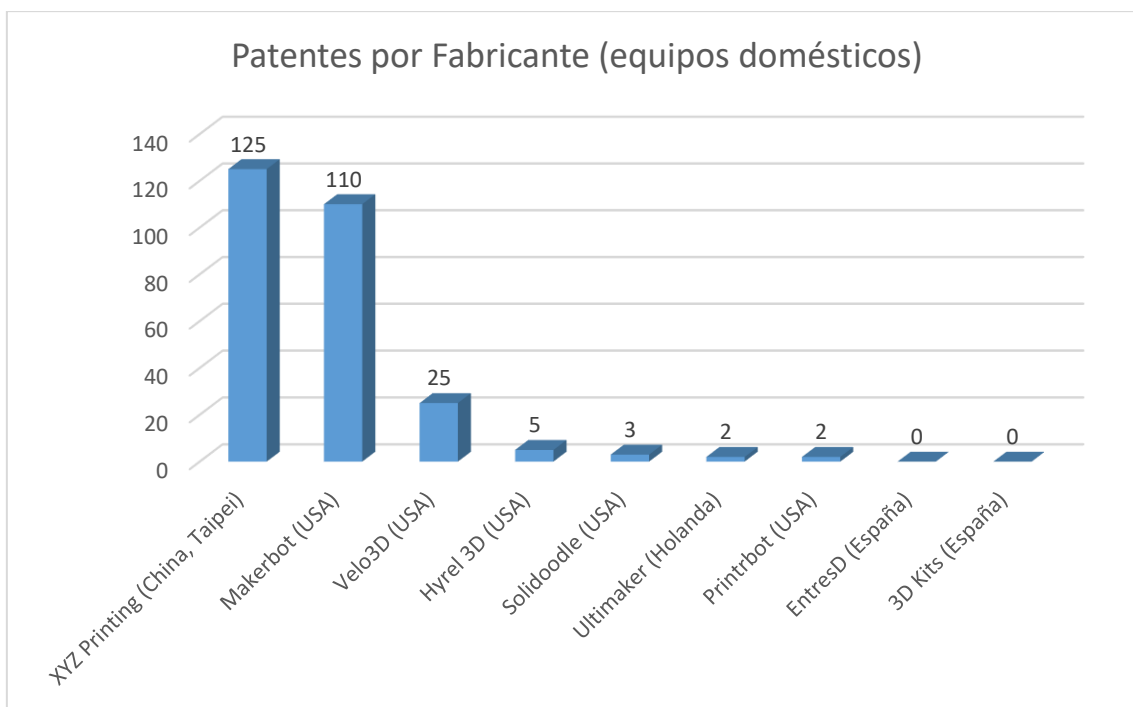


Figura 4. Patentes por fabricantes de equipos de uso doméstico.

Con base en los datos anteriores, podemos observar que Stratasy como tal, sigue desarrollando tecnología para la mejora de sus impresoras de FDM, realizando investigaciones encaminadas a obtener materiales que tengan mejores características físicas para que se pueda expandir su utilización en nuevos campos del conocimiento.

Todo esto en el ámbito industrial y desarrollo científico, sin embargo, compañías creadas recientemente están realizando un gran esfuerzo en investigación, viéndose esto reflejado en el número de patentes obtenidas, tal es el caso de XYZ Printing, se ha enfocado hacia el desarrollo de aplicaciones domésticas para

la fabricación de impresoras menos costosas y eficientes, dominando así este segmento.

Esto puede comprobar que el conocimiento explícito, en este caso sobre impresión 3D, ha significado una gran ventaja competitiva que ha traído a 3D Systems grandes beneficios, dirigiendo sus esfuerzos por seguir innovando, pero ahora en el desarrollo de equipos más comerciales y de fácil mantenimiento, en el segmento de equipos de uso industrial.

Otro gran hallazgo observado es el hecho de que todos los fabricantes de equipos de fabricación tridimensional de tipo doméstico, encontrados e incluidos en el análisis, utilizan el método FDM, por ser



uno de los más simples, económicos y fáciles de operar [6]. Esta es una razón por la cual se puede decir que el proceso de FDM, dentro de los métodos de impresión tridimensional de uso doméstico, se está convirtiendo en el estándar en el segmento de equipos domésticos y pudiera convertirse también en el estándar de equipos de uso industrial si se logra mejorar su resolución de impresión y utilizar una variedad más amplia de materiales, ya que, en la actualidad los materiales utilizados se limitan a ciertos tipos de plásticos. Esta es una importante área de investigación para el desarrollo de nuevos y mejores materiales y equipos de impresión tridimensional utilizando el principio de FDM [8].

4. Conclusiones

Vemos entonces que la impresión tridimensional ha tomado dos caminos, el primero hacia el mercado de uso doméstico, pues hoy en día se puede adquirir un equipo de impresión tridimensional de escritorio por menos de 100 dólares. Hace 10 años era impensable tener al alcance una impresora de este tipo. Pero hoy, un proyecto escolar de arquitectura como una maqueta, o un prototipo para la clase de diseño industrial, se pueden construir en poco tiempo, sin las limitaciones que caracterizan a los procesos convencionales de fabricación. El modelado por deposición fundida (FDM) se está convirtiendo en el diseño dominante en este segmento.

El segundo camino va orientado hacia el desarrollo de equipos para uso profesional e industrial, que requiere del cumplimiento de tolerancias más cerradas y uno de los retos a los que se enfrenta, es el desarrollo de materiales que sean más resistentes a

esfuerzos, temperaturas y acabados superficiales para ampliar su uso en aplicaciones de alto impacto.

En sus inicios, la impresión tridimensional en la industria se utilizaba con fines de prototipado rápido y para producciones a baja escala. Ahora su uso se ha extendido a la industria automotriz, para la fabricación de partes de carrocería y tuberías [9]; en la industria aeroespacial para partes de fuselajes de aeronaves; en la industria de consumo para la fabricación de juguetes y otros artículos, incluso hay impresoras que construyen modelos con materiales comestibles, también se han reportado casos en los que se ha utilizado la impresión tridimensional para la fabricación de armas [10].

En la industria médica su uso va en aumento en el desarrollo de implantes dentales, reemplazos de huesos y algunos órganos del cuerpo, piel, en la fabricación de dispositivos de audición, prótesis y órtesis de manos y pies [11].

Se vislumbra un gran futuro de la impresión tridimensional en esta industria dado que el grado de personalización de los productos que se fabrican es muy alto, pues prácticamente, cada producto se realiza para adaptarse a una persona en específico. Por ejemplo: en la fabricación de los dispositivos auditivos, se toma el molde de la cavidad auditiva del paciente para escanearla y digitalizarla, posteriormente el dispositivo se imprime teniendo como resultado un producto único, que sólo se adapta al paciente en turno.

Aunque con la información obtenida de la base de datos de patentes de Estados



Unidos, se puede observar una tendencia muy clara del crecimiento de la industria de la impresión tridimensional, se considera que hace falta un estudio más amplio que comprenda bases de datos de patentes de otros países. Así como también, determinar cuáles patentes y en qué proporción, están siendo comercialmente explotadas. Además, se debe complementar la información con una revisión bibliográfica en la base de datos de publicaciones científicas, para determinar hacia donde se están dirigiendo los esfuerzos de investigación o cuales con las áreas de oportunidad.

La impresión tridimensional poco a poco está cambiando nuestra manera de ver las cosas, pues está cambiando la forma de realizar proyectos ya sean para fines domésticos o industriales, al permitir realizar diseños más complejos que, por otros sistemas convencionales, no se podrían lograr.

Además de que en muchos de los casos se puede pasar directamente del diseño a la manufactura sin la necesidad de construir moldes u otros elementos necesarios para la fabricación, acortando considerablemente el ciclo de desarrollo de nuevos productos, lo cual se traduce en mayores ganancias y competitividad para las organizaciones. Estamos tal vez ante uno de los más recientes desarrollos tecnológicos y que también marca el inicio de una nueva revolución industrial y tecnológica.



Referencias

- [1] A. Carrión, "Technology forecast on ink-jet head technology applications in rapid prototyping," *Rapid Prototyp. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 99-115, 1997. <https://doi.org/10.1108/13552549710185680>.
- [2] W. Gao et al., "The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering," *Comput. Des.*, vol. 69, pp. 65-89, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>.
- [3] MPR, "3D printing to swallow 40% market share," *Met. Powder Rep.*, vol. 70, no. 3, p. 153, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.mprp.2015.02.016>.
- [4] 3D Systems, "Our History," Our history, 2017. [Online]. Available: <https://es.3dsystems.com/our-story>. [Accessed: 22-May-2017].
- [5] J. W. Stansbury and M. J. Idacavage, "3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities," *Dent. Mater.*, vol. 32, no. 1, pp. 54-64, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>.
- [6] R. Singh and H. K. Garg, "Fused Deposition Modeling - A State of Art Review and Future Applications BT - Reference Module in Materials Science and Materials Engineering," Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.04037-6>.
- [7] Department. of Commerce, "United States Patent and Trademark Office," 2015. [Online]. Available: <http://patft.uspto.gov>.
- [8] M. Annoni, H. Giberti, and M. Strano, "Feasibility Study of an Extrusion-based Direct Metal Additive Manufacturing Technique," *Procedia Manuf.*, vol. 5, pp. 916-927, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.08.079>.
- [9] Stratasys, "Champion Motorsport: FDM Empowers Champion Motorsport to Create Strong, Beautiful Parts for Porsche," 2014. [Online]. <https://energygroup.it/getattachment/a46abf08-c84f-46a4-9ccf-314f7eec5974/Champion-Motorsport-FDM-Soluble-cores-for-compos.aspx>. [Accessed: 01-Jan-2017].
- [10] X. Wang, M. Jiang, Z. Zhou, J. Gou, and D. Hui, "3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective," *Compos. Part B Eng.*, vol. 110, pp. 442-458, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>.
- [11] R. K. Chen, Y. Jin, J. Wensman, and A. Shih, "Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses-A review," *Addit. Manuf.*, vol. 12, Part A, pp. 77-89, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.04.002>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)