

**Prácticas de referencia en la gestión de las tecnologías 3D: Aplicación al Laboratorio de  
Inteligencia Creativa Semiosis LAB de la UIS.**

**Luis Alejandro Penagos López**

**Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Industrial**

**Directora:**

**Edna Rocío Bravo Ibarra**

**PHD. Administración de Empresas**

**Docente Escuela de Estudios Industriales y Empresariales**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas**

**Escuela de Estudios Industriales y Empresariales**

**Bucaramanga**

**2018**

## **Agradecimientos**

*Doy gracias a la vida por este nuevo logro.*

*Agradezco primeramente a mi madre Edilma López, quien me ha dado un gran apoyo en el desarrollo de cada logro y por el esfuerzo que ella ha hecho para brindarme la educación y valores para ser mejor cada día.*

*Agradezco a mi novia Leidy Johana quien me ha brindado un gran apoyo y ha sido una gran compañera en el desarrollo de mi carrera universitaria.*

*Agradezco a mi directora de proyecto la PhD. Edna Bravo por la dirección y acompañamiento en el desarrollo del proyecto.*

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	14
1. Generalidades .....	19
1.1 Planteamiento del problema .....	19
1.2. Justificación del proyecto.....	21
1.3. Objetivos .....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos .....	22
2. Metodología .....	23
2.1. Revisión sistemática.....	23
2.2. Obtención de la información.....	24
2.3. Organización de la información.....	25
2.4. Análisis de la información.....	26
2.5. Elaboración del Manual prácticas de referencia y presentación de resultados.....	26
3. Revisión de Literatura .....	27
3.1. Identificación de la Necesidad de una Revisión .....	27
3.2. Preparación de la Propuesta de Revisión .....	27
3.3. Protocolo de la Investigación .....	29

3.3.1. Criterios de Inclusión y Exclusión.....	30
3.3.2. Criterios de Calidad .....	31
3.4. Ejecución de la Revisión.....	31
3.4.1. Identificación de Estudios.....	31
3.4.2. Selección de Estudios. ....	32
3.5. Revisión de la Literatura .....	33
3.5.1. Análisis Bibliométrico.. ....	33
3.5.2. Análisis Preliminar de la Literatura.. ....	34
4. Gestión de las Tecnologías.....	51
4.1. Tecnologías 3D .....	51
4.2. Clasificación de las tecnologías 3D .....	54
4.2.1. Diseño 3D. ....	54
4.2.2. Fabricación sustractiva.....	65
4.2.3. Fabricación aditiva.....	68
4.2.4. Impacto de las Tecnologías 3D.....	103
4.2.5. Colombia, Impresión 3D en Materia de Educación.....	106
5. Resultados .....	111
5.1. Beneficios de la Impresión 3D en la Educación. ....	114
5.2. Ventajas que aporta la Impresión 3D en la Educación. ....	115
5.3. Aplicación de la Impresión 3D en Ingeniería Industrial. ....	116
5.4 Tecnologías aditivas en Semiosis LAB .....	118

5.5 Buenas Prácticas en Impresión 3D.....	124
6. Conclusiones .....	135
7. Recomendaciones.....	136
Referencias bibliográficas.....	137

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Ecuación de Búsqueda Impresión 3D Sience Direct .....	30
<i>Figura 2.</i> Proceso de Selección Artículos de Investigación .....	32
<i>Figura 3.</i> Primera impresora 3D.....	35
<i>Figura 4.</i> Realidad Virtual.....	36
<i>Figura 5.</i> Escáner 3D.....	38
<i>Figura 6.</i> Impresión 3D: Prototipado.....	39
<i>Figura 7.</i> Impresora 3D RepRap. ....	41
<i>Figura 8.</i> Impresión 3D del laboratorio de ingeniería: otra oportunidad para la creación. ....	50
<i>Figura 9.</i> Beneficios de Realizar Buenas Prácticas en 3D. ....	53
<i>Figura 10.</i> Diseño 3D. ....	55
<i>Figura 11.</i> Programa TinkerCAD.....	56
<i>Figura 12.</i> Programa 3D Slash. ....	58
<i>Figura 13.</i> Programa Sculptris. ....	58
<i>Figura 14.</i> Programa SketchUp.....	59
<i>Figura 15.</i> Programa Fusión 360.....	60
<i>Figura 16.</i> Programa FreeCAD. ....	61
<i>Figura 17.</i> Programa Blender. ....	62

<i>Figura 18.</i> Programa Onshape.....	63
<i>Figura 19.</i> Programa Netfabb.....	64
<i>Figura 20.</i> Programa 3D-Tool Free Viewer.....	65
<i>Figura 21.</i> Tecnologías Rápidas. (2012).....	66
<i>Figura 22.</i> Impresión SLA.....	68
<i>Figura 23.</i> Impresión SLS.....	70
<i>Figura 24.</i> Impresión FDM.....	71
<i>Figura 25.</i> Impresora 3D Polar Delta Rostock mini G2S DIY.....	72
<i>Figura 26.</i> Impresora 3D Delta.....	73
<i>Figura 27.</i> Impresora 3D Brazo Robot. A.....	74
<i>Figura 28.</i> Impresora 3D Cartesiana. A.....	75
<i>Figura 29.</i> Resultados Encuesta EY´s.....	85
<i>Figura 30.</i> Porcentaje de aceptación actual y prevista de 3DP entre países.....	86
<i>Figura 31.</i> Demanda Materiales impresión 3D.....	87
<i>Figura 32.</i> Materiales impresión 3D utilizados. A.....	88
<i>Figura 33.</i> Información Avances Tecnológicos.....	89
<i>Figura 34.</i> Procesos de Impresión 3D.....	90
<i>Figura 35.</i> Proceso Impresión 3D.....	91
<i>Figura 36.</i> Impresión 3D por sector de Mercado.....	93
<i>Figura 37.</i> Evolución Producción Impresoras 3D.....	94
<i>Figura 38.</i> Proceso de Escaneado.....	95
<i>Figura 39.</i> Microsoft Kinect.....	96
<i>Figura 40.</i> Scan XYZprinting.....	96

<i>Figura 41.</i> Ciclop BQ. ....	97
<i>Figura 42.</i> Structure Sensor. ....	98
<i>Figura 43.</i> Escaner Matter Form. ....	99
<i>Figura 44.</i> Cubify Sense. ....	100
<i>Figura 45.</i> Escaner David Starter kit V2. ....	100
<i>Figura 46.</i> Escáner Einscan- S. ....	101
<i>Figura 47.</i> Makerbot Digitizer. ....	102
<i>Figura 48.</i> Escáner Scanify Fuel 3D. ....	103
<i>Figura 49.</i> Gestión de la tecnología 3D. ....	112
<i>Figura 50.</i> MakerBot Replicator Mini. ....	119
<i>Figura 51.</i> Información de MakerBot Replicator. ....	121
<i>Figura 52.</i> Impresora BGC Smart Tech. ....	122
<i>Figura 53.</i> Proceso rebanado 3D ....	129
<i>Figura 54.</i> Rebanado 3D. ....	130
<i>Figura 55.</i> Antes y Después la remoción. ....	131

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Estructura de los temas y Palabras Clave para la Ecuación de Búsqueda .....	28
Tabla 2. Programas más usados para Diseño e Impresión 3D .....	55
Tabla 3. Prototipado rápido sustractivo. ....	67
Tabla 4. Evolución de la Impresión 3D .....	78
Tabla 5. Información Técnica de MakerBot Replicator Mini.....	119
Tabla 6. Materiales de Impresión.....	122
Tabla 7. Descripción Impresora BGC Smart Tech .....	123
Tabla 8. Prácticas en tecnologías 3D .....	130
Tabla 9. Prácticas impresión 3D .....	131
Tabla 10. Recomendaciones para Impresión 3D .....	134

### Resumen

**Título:** Prácticas de referencia en la gestión de las tecnologías de impresión 3D: Aplicación al Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB de la UIS.\*

**Autor:** Luis Alejandro Penagos López\*\*

**Palabras Clave:** Revisión Sistemática, Buenas Prácticas, Impresión 3D, Tecnologías 3D

#### Descripción:

El presente proyecto ofrece una investigación efectuada sobre la impresión 3D, utilizando como metodología la revisión sistemática que permitió establecer un marco teórico de referencia que muestra el estado actual de la literatura respecto al tema, y que a la vez contribuye a la conceptualización del mismo. El documento expone las investigaciones realizadas con base en artículos científicos mediante las cuales se efectúa un análisis sobre los antecedentes, evolución y tendencias de la impresión 3D en los diferentes ámbitos, así como también el impacto que se ha generado desde sus inicios; adicionalmente, mediante esta investigación se realiza un estudio respecto a la influencia de la impresión 3D en la mejora de los procesos educativos y la importancia de la implementación en todas las etapas de aprendizaje.

Dentro de la indagación se encontraron las distintas modalidades de impresión 3D, los modelos de impresoras creadas, programas de diseño, modelado y demás factores que hacen parte del proceso. Una vez efectuado el desarrollo de la investigación se identificaron las buenas prácticas que se deben considerar en el proceso de impresión 3D que conllevaron a la creación de un manual que busca fortalecer los conocimientos en el tema y proveer a los estudiantes y docentes de la Universidad Industrial de Santander, de una herramienta de información que facilite la creación de prototipado en las impresoras 3D que se encuentran disponibles en Semiosis LAB.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Edna Rocío Bravo, PHD. Administración de Empresas.

### Abstract

**Title:** Reference practices in the management of 3D printing technologies: Application to the Creative Intelligence Laboratory Semiosis LAB of the UIS.\*

**Author:** Luis Alejandro Penagos López. \*\*

**Keywords:** Systematic Review, Good Practices, 3D Printing, 3D Technologies

#### **Description:**

The present project offers a research carried out on 3D printing, using as a methodology the systematic review that allowed establishing a reference theoretical frame that shows the current state of literature regarding the subject, and that in turn contributes to the conceptualization of it. The document presents the research carried out based on scientific articles through which an analysis is made on the background, evolution and trends of 3D printing in different areas, as well as the impact that has been generated since its inception; additionally, through this research a study is made regarding the influence of 3D printing on the improvement of educational processes and the importance of implementation in all stages of learning.

Within the investigation were found the different 3D printing modes, the models of printers created, design programs, modeling and other factors that are part of the process. Once the development of the research was carried out, good practices that should be considered in the 3D printing process that led to the creation of a manual that seeks to strengthen knowledge in the subject, and provide students and teachers of the Industrial University were identified of Santander, an information tool that facilitates the creation of prototyping in 3D printers that are available in Semiosis LAB.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Edna Rocío Bravo, PHD. Administración de Empresas.

## Introducción

Las tecnologías 3D se han convertido en una de las herramientas más completas para el desarrollo de las organizaciones, siendo una de las más revolucionarias formas de crear productos y mejorar los procesos de producción. Los líderes creativos e innovadores aprovechan al máximo las ventajas que ofrecen este tipo de tecnologías que son aplicables en muchos sectores de la organización. La gestión de la tecnología habilita a las empresas, instituciones educativas y demás entes a participar en forma estable y creciente en los mercados, permitiendo la incorporación de nuevas tecnologías que les permita la innovación en su cadena de valor, tanto en el sector productivo como en las entidades con infraestructura científico-tecnológica. (Castellanos, 2007).

Con el paso del tiempo se están incorporando diferentes tecnologías permitiendo cambiar el entorno actual, con innovaciones tecnológicas como el Smartphone, nanotecnología, objetos móviles inalámbricos, la válvula de Hakim “Tecnología para tratar la hidrocefalia”, tecnología digital o fabricación aditiva como es el caso de la impresora 3D la cual permite la impresión de productos en tercera dimensión. (Redacción el Tiempo, 2011)

Para Hilary Otero (2017) las tecnologías de fabricación aditiva están encaminadas a ser llamadas la nueva Revolución Industrial haciendo que los procesos y costos de los productos sean más rápidos y económicos respectivamente. La tecnología de fabricación aditiva ha favorecido el desarrollo de diferentes campos, como el de la medicina, arquitectura, diseño y el vestuario.

Dichas tecnologías se basan en la creación de un prototipo diseñado por un programa de computador, el cual permite diseñar exactamente lo que se desea y lo fabrica capa por capa. (Sculpteo, s.f.). El proceso de creación de prototipos comienza con un diseño de lo que se desea

crear sin tener ninguna restricción a la hora de hacer el prototipo. Posteriormente, por medio de un software como SketchUp, Wings o Rhinoceros se puede mejorar el prototipo en cuanto a medidas y una vez definido este, se podrá dar la orden de imprimir. El software Rhinoceros es usado en campos como el diseño industrial, arquitectura, diseño naval, diseño de joyas, diseño automotriz, diseño de calzado, prototipado rápido, diseño gráfico; su herramienta “Nurbs: Non-uniform rational basis spline” por medio de una formulación matemática representa curvas y superficies. Este programa puede crear, editar, analizar, documentar, animar y traducir las curvas dado que no hay límite para la complejidad de las superficies o sólidos convirtiéndose en la opción ideal para el modelado asistido por ordenador. (Rhinoceros, s.f.)

El software de modelado Wings 3D es un programa de uso libre el cual fue creado basado en otros programas con características similares, este programa logra diseños únicos y es usado en proyectos que requieren hacerse de forma rápida, sus diseños se realizan por medio de figuras poligonales y si el diseño es muy complejo cuenta con el apoyo de otros programas como POV-Ray, YafRay o Kerkythea para lograr imágenes de mejor calidad. (wing3D, 2017) (Neto, 2017)

Los programas de diseño dan una ayuda ideal para la fabricación de cualquier prototipo y su fabricación por medio de la impresora 3D puede emplear diferentes materiales como el plástico, cerámica, acero, fibras de vidrio, vidrio y entre los más recientes encontramos células madre y alimentos. Algunos de estos materiales se imprimen individualmente y otros pueden ser combinados para reforzar su estructura y propiedades físicas. (Fernandez, 2015).

Esta Revolución obliga a las empresas y universidades a contemplar la idea de adquirir conocimientos sobre tecnologías de impresión 3D, acelerando la obtención de soluciones a las diversas situaciones problemáticas y convirtiéndose en un referente por excelencia para los

métodos de fabricación y aprendizaje creativo tomando como referencia las aplicaciones de las impresoras 3D y los beneficios que se obtienen. (Impresoras 3D, 2013)

Charles Hull, creador de la primera impresora 3D, no dimensionó el sinnúmero de aplicaciones que tendría su invención, ni tampoco la gran cantidad de impresoras que surgirían a partir de esta, cada una con un potencial diferente. Las aplicaciones son variadas: pueden fabricarse productos como juguetes, partes de radios, autos, casas, cámaras, ropa, comida, prótesis, huesos, partes de aviones, medicamentos, órganos. Estas impresoras no solo crean, sino que también pueden modificar objetos ya existentes y hacer componentes que han sido descontinuados. (Torre, 2013).

La idea de elaborar un objeto capa por capa con dicha impresora era un concepto nuevo de fabricación permitiendo a los procesos requerir menos tiempo. Actualmente y gracias a esta nueva tecnología los diseños son más elaborados y tienen en cuenta la opinión del comprador, el cual puede obtener un producto de buena calidad y a la medida, convirtiéndose en un referente fundamental del proceso de diseño, permitiéndole a las empresas satisfacer exactamente las necesidades de sus compradores. (3Dalia, 2016)

Empresas como RepRap o MakerBOT ofrecen impresoras de tamaños pequeños y a bajo costo que pueden ser utilizadas en casa, la ventaja de estas impresoras es que se pueden autorreplicar y de esta forma crear una versión de impresora 3D al gusto del usuario. Existen también los FABLAB que son laboratorios de fabricación los cuales se encuentran equipados con múltiples impresoras y permiten la fabricación e impresión de diseños elaborados por los usuarios, permitiéndole obtener un conocimiento previo antes de comprar su propia impresora o simplemente tener la experiencia de conocer esta tecnología y mejorar los conocimientos en diseño.

Actualmente, el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB, ofrece una innovadora propuesta de aprendizaje, ha incorporado a su metodología el uso de nuevas tecnologías de impresión 3D como herramientas de apoyo para los métodos de enseñanza y aprendizaje en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, permitiendo que el estudiante comprenda y desarrolle métodos de fabricación, prototipado y aplicación de estos, en ambientes reales para la resolución de problemas en diferentes áreas de estudio. Por tal razón, se pretende realizar un compendio de las diferentes prácticas de estas herramientas por medio del presente trabajo de investigación.

Las diferentes prácticas de tecnologías 3D serán útiles para afianzar los conocimientos sobre métodos y procesos de fabricación para prototipado rápido. El uso de prácticas de referencia dará un mayor entendimiento debido a que es una de las formas más conocidas para realizar un buen proceso y cubrir necesidades existentes por medio de resultados medibles contribuyendo a la solución de problemas. La utilización de estas prácticas hace parte de un proceso continuo con la finalidad de encontrar la que más se adapte en un modelo de aprendizaje específico. (Fineout-Overholt & Melnyk, 2005), (Ministerio de educación, 2010)

Bajo un proceso continuo de supervisión y evaluación es como se lleva a cabo la identificación de prácticas cuyo fin es encontrar aquellas que se adecuen a los contextos específicos que permitan generar una ventaja competitiva. (Gratton & Ghoshal, 2005). Las mejores prácticas son las formas conocidas para llevar a cabo el desarrollo de un proceso, cubriendo la necesidad existente, por medio de resultados medibles en términos de eficacia y efectividad, teniendo una presentación replicable de usos pedagógicos que faciliten la transferencia y adaptabilidad de los procesos encontrados. (O'Leary, 2006)

El documento se estructura en seis capítulos. En el Capítulo 1 se abordan las generalidades del proyecto, el planteamiento del problema y los objetivos de investigación. En el Capítulo 2 se menciona la metodología de la investigación implementada. En el Capítulo 3 se hace referencia a la planeación de la revisión sistemática, presentando detalladamente el protocolo de investigación desarrollado. El capítulo 4 corresponde a la ejecución de la revisión sistemática especificando cada una de las actividades realizadas para el desarrollo de la investigación, el análisis bibliométrico y la revisión de literatura científica que permitió la identificación de prácticas de referencia en el uso de tecnologías 3D y la elaboración del manual con las prácticas de referencia seleccionadas para el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB. En el capítulo 5 se resaltaron las prácticas más relevantes en cuanto a diseño y prototipado en impresión 3D con el propósito de proporcionar una fuente de consulta para los estudiantes de Ingeniería Industrial y otras carreras que hacen uso de esta tecnología y, de esta manera facilitar y promover el uso de las impresoras puestas a disposición por la universidad. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación desarrollada.

## 1. Generalidades

### 1.1 Planteamiento del problema

Crear nuevos espacios de aprendizaje por medio de métodos innovadores de educación y dentro de las soluciones más eficaces se ha identificado la tecnología como una herramienta que permite mejorar la calidad de vida de los estudiantes. (Ontiveros, De la Barquera, & Pazos, 2013)

Las tecnologías actúan como agentes que permiten modificar el día a día de una sociedad, generando un mayor impacto en niños y jóvenes; es allí en donde la comunidad científica ve la necesidad de incorporar estas herramientas como instrumento de innovación en el aula Travieso, Jerez-Mesa, & Gómez (2014) , debido a que estas tecnologías permiten la creación de conceptos innovadores tanto para estudiantes como para profesores y posibilita la creación de prototipos y la identificación de no conformidades a un bajo costo. (Internacional Metalmecánica, 2014)

Actualmente existen diferentes aplicaciones para estas tecnologías 3D, desde la materialización de ideas y realización de pruebas para la obtención de un producto final, la realización de diseños arquitectónicos complejos, la concepción de un modelo previo antes del lanzamiento de un producto nuevo prácticamente idéntico, hasta la impresión de implantes para huesos, articulaciones, lentes de contacto, entre otras. (Ferrairó & Folguera, 2016)

Las universidades por medio de modelos creativos de educación buscan la transformación de las metodologías existentes, mejorando el aprendizaje. Los estudiantes no se deben conformar con asistir a clases simplemente para cursar las diferentes materias y aprobarlas, sino que se deben interesar cada vez más por los diferentes métodos de aprendizaje, de tal modo que la enseñanza

sea activa, motivadora, dinámica y permita la inclusión. (De la Torre, Saturnino, Violant, Verónica, 2001)

La educación superior debe asumir la responsabilidad de incorporar herramientas creativas que garanticen el aumento radical de la productividad. Para permitir el desarrollo del país frente a la globalización económica, un profesional debe hacer uso de las continuas innovaciones tecnológicas, formándose en relación al conocimiento que le permita investigar en su campo, y hacer parte de equipos interdisciplinarios e interinstitucionales en los que podrá ejercer algún liderazgo dependiendo parcialmente de sus conocimientos, creatividad y comprensión global. (Misas, 2004)

Por tal razón, el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB, ha optado por incorporar tecnologías 3D, que faciliten un ambiente personalizado en donde los estudiantes transformen sus ideas en soluciones útiles en relación a una problemática específica de su área de estudio, aplicando conocimientos para el diseño, desarrollo y evaluación de prototipos, permitiendo de esta forma la participación en espacios creativos, y es ahí, donde surge la necesidad de estructurar un documento el cual permita generar valor al uso de estas herramientas.

Es así como se busca realizar un manual de prácticas de referencia en impresión 3D, que servirá como una herramienta de ayuda para los estudiantes de diferentes niveles en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales y de otras escuelas de la Universidad Industrial de Santander, en donde se enmarquen las aplicaciones de las tecnologías 3D y el gran valor generado a partir de los mismos.

## 1.2. Justificación del proyecto

La inclusión de nuevos métodos de diseño y desarrollo tecnológico en las organizaciones y universidades, se ha transformado constantemente adquiriendo diversas formas para lograr un adecuado uso de las tecnologías y adaptarse a los cambios que esta ofrece. La gestión tecnológica apoya de forma constante el desarrollo de las tecnologías, convirtiéndose en un método innovador y creativo para el estudiante que día a día concibe la tecnología como una extensión de su vida y una forma constante de aprender.

La gestión de la tecnología 3D permite dar respuesta a problemas en cuanto al diseño, elaboración de nuevos productos y procesos, con ayuda de ordenadores o programas de simulación los cuáles están asociados a la gestión del cambio, brindando mayor facilidad a las empresas y a los clientes, los cuales desean tener herramientas para la solución de problemas de manera fácil y rápida. Pero para esto no solo hay que conocerla sino también poner en práctica todo el conocimiento, es por esto que es creado el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB, el cual es una propuesta innovadora de aprendizaje. Es así como la escuela de estudios industriales y empresariales por medio del grupo de investigación INNOTECH ha tomado la iniciativa de estudiar e incorporar nuevas tecnologías que permitan al estudiante la concepción de nuevos métodos de aprendizaje de manera eficaz.

Las tecnologías 3D o de fabricación digital permiten afianzar el aprendizaje del estudiante, y es por medio de este proyecto que se desea conocer las prácticas de referencia y las herramientas desarrollando un manual, el cual recopile las prácticas identificadas que serán aplicadas en el laboratorio Semiosis LAB.

### 1.3. Objetivos

**1.3.1. Objetivo general.** Identificar y describir las prácticas de referencia en gestión de tecnología 3D en las organizaciones por medio del estudio y análisis de la literatura científica desarrollada sobre este tópico recopilando esta información en un manual de prácticas de referencia.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica de documentos y artículos científicos desde una perspectiva global del tópico gestión de las tecnologías 3D.
  
- Diseñar el protocolo de revisión en el que se especifique los objetivos, los criterios de elegibilidad y los métodos que se utilizan para identificar, evaluar, analizar y sintetizar los datos.
  
- Elaborar un manual de prácticas de referencia en gestión de tecnologías 3D que servirá para el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB.

## **2. Metodología**

Esta investigación consolida el estado de la investigación educativa en impresión 3D. Con base en una revisión sistemática de la literatura publicada en los últimos 10 años, se sintetizan varias perspectivas de investigación en un marco de trabajo integral y multidimensional de fabricación aditiva impresión 3D, vinculando la creatividad, la mejora de los procesos y la impresión 3D como resultado.

De acuerdo a Crossan y Apaydin (2010) una revisión de literatura es necesaria para evaluar sistemáticamente la contribución de un autor por medio de un algoritmo explícito para realizar una búsqueda y valoración crítica de la misma. En los procesos de revisión mejora la calidad de los resultados empleando un procedimiento claro y práctico de reproducir. Como lo mencionan dichos autores los procesos de revisión generalmente constan de tres pasos; recopilación de datos, análisis de datos y síntesis de calidad.

### **2.1. Revisión sistemática**

En esta fase se realiza el análisis de la revisión de literatura necesaria para la comprensión de las diferentes aplicaciones que tienen las tecnologías 3D en especial las tecnologías de fabricación aditiva (impresión 3D). Se pretende realizar la búsqueda de las prácticas documentadas, noticias y demás documentos de interés y validez científica que permitan la comprensión de estas tecnologías y las implicaciones a nivel educativo y empresarial. Esta búsqueda se realiza por medio de bases de datos como Springer, Scopus y Science Direct, las cuales tienen un convenio con la

Universidad Industrial de Santander y el motor de búsqueda Google Scholar que proporcionan diversas fuentes en diferentes idiomas y de distintas universidades. Se tiene en cuenta toda la información relacionada con tecnologías 3D, luego en la segunda fase se selecciona la información más relevante para su posterior análisis. Esta primera fase se llevó a cabo en un tiempo de 8 semanas en las cuales se realizaron las siguientes actividades.

- Recolección de información relevante tecnología 3D
- Selección de los artículos más relevantes tecnología 3D
- Selección de los artículos relacionados a las diferentes prácticas en tecnología 3D en especial las tecnologías de fabricación aditiva.

Se establecerán los criterios de elegibilidad que se tendrán en cuenta para la revisión sistemática, definiendo así los alcances de estudio. Entre estos criterios se encuentran los de inclusión y exclusión para tener en cuenta en cada artículo o información en páginas web para la investigación.

## **2.2. Obtención de la información.**

Con el fin de adquirir información válida se realizó una búsqueda sobre el tópico tecnologías 3D. La unidad seleccionada para el análisis de la información, corresponde a las frases, los párrafos o los segmentos de contenido de las publicaciones o las páginas, que son categorizados para establecer conclusiones relacionadas con los factores, prácticas y herramientas. Se establecieron varias preguntas de investigación para obtener la información adecuada, estas preguntas

determinaron la trayectoria de la investigación y se enfocaron en lo que se desea indagar. Dentro de las preguntas importantes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la investigación están:

- ¿Cuáles son las tecnologías 3D?
- Importancia de la tecnología 3D
- ¿Cuáles son las tecnologías 3D más relevantes?
- Avance en tecnología 3D
- Aplicaciones de las tecnologías aditivas 3D

### **2.3. Organización de la información.**

Una vez identificado el contexto de las prácticas encontradas en las publicaciones analizadas, se procedió a documentar los casos con base a la información obtenida de las diferentes fuentes, en esta fase se selecciona y organiza toda la información obtenida en la etapa anterior, de tal modo que se sinteticen las generalidades de las tecnologías 3D en especial las herramientas de fabricación aditiva. Respondiendo y clasificando la información de acuerdo a las preguntas planteadas en la fase 2, para tener la información más relevante.

Al organizar esta información se tuvieron en cuenta las aplicaciones que puedan ayudar a los estudiantes, logrando tener referencia en prácticas de referencia para las diferentes universidades sobre tecnologías de fabricación aditiva.

#### **2.4. Análisis de la información.**

Se identificaron las iniciativas y factores clave para el uso de aplicaciones en diferentes sectores, mediante el análisis de las publicaciones ya documentadas en la etapa anterior. De esta forma se obtuvo la información adecuada y objetiva sobre el tópico tecnologías 3D. Una vez analizadas las prácticas de referencia se mencionaron las más relevantes, esta relevancia se centró en que tan innovador es un producto, como mejora el proceso de fabricación y costos además se tendrán en cuenta aquellas que permitan ser aplicadas a la impresora 3D de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS.

#### **2.5. Elaboración del Manual prácticas de referencia y presentación de resultados.**

El Manual prácticas de referencia en gestión de las tecnologías 3D se redactó con base en las aplicaciones identificadas en las etapas anteriores que han proporcionado buenos resultados según el área de trabajo, las cuales fueron referencia para el Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS.

Este manual comprende las aplicaciones más importantes y destacadas, reseñadas para nuevas aplicaciones y desarrollo de nuevos productos o para la fabricación de diseños ya existentes que podrán resolver problemas de diseño y fabricación. También se quiere incentivar a los estudiantes a mejorar la creatividad y el análisis de problemas en entornos empresariales.

### **3. Revisión de Literatura**

#### **3.1. Identificación de la Necesidad de una Revisión**

Las tecnologías 3D han generado un cambio en el sector educativo, ya que la posibilidad de crear objetos a partir de un modelo diseñado en computador estimula la capacidad de innovación y creatividad de los alumnos; así mismo esta poderosa herramienta está reinventando los ambientes de aprendizaje, con la creación de laboratorios de fabricación digital, como el caso de la Universidad Industrial de Santander que implementó el Laboratorio de Inteligencia Creativa (Semiosis LAB), el cual busca formar profesionales con más competencias y habilidades que sean demostradas en las organizaciones. El propósito de Semiosis LAB genera la necesidad de realizar una revisión sistemática que abarque los conocimientos de la presente literatura y elaborar un manual que sea una herramienta de apoyo para los procesos de impresión 3D del laboratorio.

#### **3.2. Preparación de la Propuesta de Revisión**

Con base en la exploración y análisis del tema correspondiente a este proyecto de investigación se definió realizar el proceso de estudio mediante una revisión sistemática que facilite efectuar la revisión literaria para conocer específicamente los antecedentes y ventajas que promovieron la introducción de las tecnologías 3D en especial las tecnologías aditivas o Impresión 3D, así como también los procesos más adecuados para su aplicación. A través de un análisis y consenso del equipo de investigación del laboratorio Semiosis LAB se estableció la pregunta de investigación

más acorde al objetivo; ¿Cuáles son las prácticas más adecuadas para el diseño, desarrollo y evaluación de prototipos en el proceso de impresión 3D?

Tabla 1.

*Estructura de los temas y Palabras Clave para la Ecuación de Búsqueda*

	Prioridad	Temáticas
<b>Causas de la Impresión 3D</b>	1	Antecedentes (Historia, propulsores)
		Innovación (creciente evolución)
		Nueva Revolución Industrial
		Procesos de Producción (agilidad, economía)
		Productividad (tiempos de producción)
<b>Causas de la Impresión 3D</b>	2	Tecnologías (diferentes tecnologías existentes)
		Creatividad (posibilidad de crear)
		Viabilidad (proyección para la implementación)
		Ventajas
<b>Consecuencias de la Impresión 3D</b>	3	Investigación
		Prácticas (procesos en la impresión 3D)
		Software (Herramienta de diseño)
		Creación de Prototipos
		Prototipado rápido
		Implementación
		Laboratorios
		Fabricación aditiva
		Productos
		Métodos de educación (Implementación en Universidades)
		Evolución
		4

Una vez determinada la pregunta de investigación, se realizó un proceso manual para la selección de las preguntas clave que serían la base para la formulación de la ecuación de búsqueda; posteriormente se establecieron los operadores booleanos y de posición que se utilizarían para el diseño de la ecuación; para la elaboración de su estructura se estableció según la tabla relacionada a continuación, un orden a cada palabra clave con el fin que la búsqueda se realizara según las prioridades de investigación. En la prioridad 1 se tuvieron en cuenta aquellas palabras relacionadas con los principios de la impresión 3D, en la prioridad 2 están las palabras referentes a los propulsores de la impresión 3D, y, en las prioridades 3 y 4 están todas las palabras que determinan los resultados de la impresión 3D.

### **3.3. Protocolo de la Investigación**

Para la revisión de la literatura se estableció la ecuación de búsqueda la cual se muestra en la siguiente Figura.

```

TOPIC= (("3D PRINT" NEAR/3 "BACKGROUND") OR ("3D
PRINT" NEAR/3 "NEW INDUSTRIAL REVOLUTION") OR ("3D
PRINT" NEAR/3 "PRODUCTION PROCESSES") OR ("3D
PRINT" NEAR/3 PRODUCT*) OR ("3D PRINT" NEAR/3 TECH*)
OR ("3D PRINT" NEAR/3 "CREATIVITY") OR ("3D PRINT"
NEAR/3 "VIABILITY") OR ("3D PRINT" NEAR/3
"ADVANTAGE") OR ("3D PRINT" NEAR/3 "RESEARCH") OR
("3D PRINT" NEAR/3 "APPLICATIONS") OR ("3D PRINT"
NEAR/3 "SOFTWARE") OR ("3D PRINT" NEAR/3
"PROTOTYPING") OR ("3D PRINT" NEAR/3 "RAPID") OR ("3D
PRINT" NEAR/3 IMPLEMENT*) OR ("3D PRINT" NEAR/3
"LABORATORIES") OR ("3D PRINT" NEAR/3 "ADDITIVE
MANUFACTURING") OR ("3D PRINT" NEAR/3
"MANAGEMENT") OR ("3D PRINT" NEAR/3 PRODUCT*) OR
("3D PRINT" NEAR/3 "INSTITUTIONS") OR ("3D PRINT"
NEAR/3 "EDUCATION") OR ("3D PRINT" NEAR/3 "PRINTER")
OR ("3D PRINT" NEAR/3 "TIPES"))

```

Figura 1. Ecuación de Búsqueda Impresión 3D.

### 3.3.1. Criterios de Inclusión y Exclusión

<b>Criterios de Inclusión</b>	<p>a) Se incluyeron documentos registrados en todas las bases de datos que hacen parte de la compilación de bases de datos como Science Direct, Scopus y Springer.</p> <p>b) Se tuvieron en cuenta los documentos registrados desde 2009 a la fecha.</p> <p>c) Se incluyeron artículos, investigaciones, y otros documentos que aportaron a la investigación.</p> <p>d) Se tuvo en cuenta para la búsqueda solamente título, resumen o palabras clave.</p>
<b>Criterios de Exclusión</b>	<p>a) No se incluyeron artículos que no están relacionados específicamente con tecnologías 3D.</p> <p>b) Se excluyó la información de 2009 hacia atrás.</p>

### 3.3.2. Criterios de Calidad

- Aporta teoría relevante relacionada con los aspectos que impulsan o dificultan el desarrollo de la impresión 3D, así como el impacto que generan en la sociedad y la economía los procesos de la impresión 3D.

- Proporciona tanto teoría como información sobre prácticas de la impresión 3D, el entorno y desarrollo e los procesos.

- Detecta, argumenta y detalla las causas que promueven la impresión 3D, así como también la importancia de su implementación.

- Identifica las condiciones del entorno que impulsan el desarrollo en la impresión 3D.

- Determine las mejores prácticas que se deben aplicar en los procesos de impresión 3D, además de las ventajas y las múltiples aplicaciones que esta tecnología proporciona.

### 3.4. Ejecución de la Revisión

En esta fase se identificaron, seleccionaron y evaluaron objetivamente los documentos científicos requeridos para el proceso de investigación; con base en ello se realizó la extracción y síntesis de información que hacen parte de este proyecto de grado.

**3.4.1. Identificación de Estudios.** A través de la ecuación elaborada con base en las palabras clave previamente seleccionadas en la utilización de la plataforma web de base de datos Sciene Direct identificadas en el numeral 3.3, se desarrolló la táctica de búsqueda de documentos científicos dentro de la plataforma mencionada teniendo en cuenta que es una herramienta que

facilita el acceso a información especializada como revistas científicas, libros científicos y manuales de referencia científica.

### 3.4.2. Selección de Estudios.

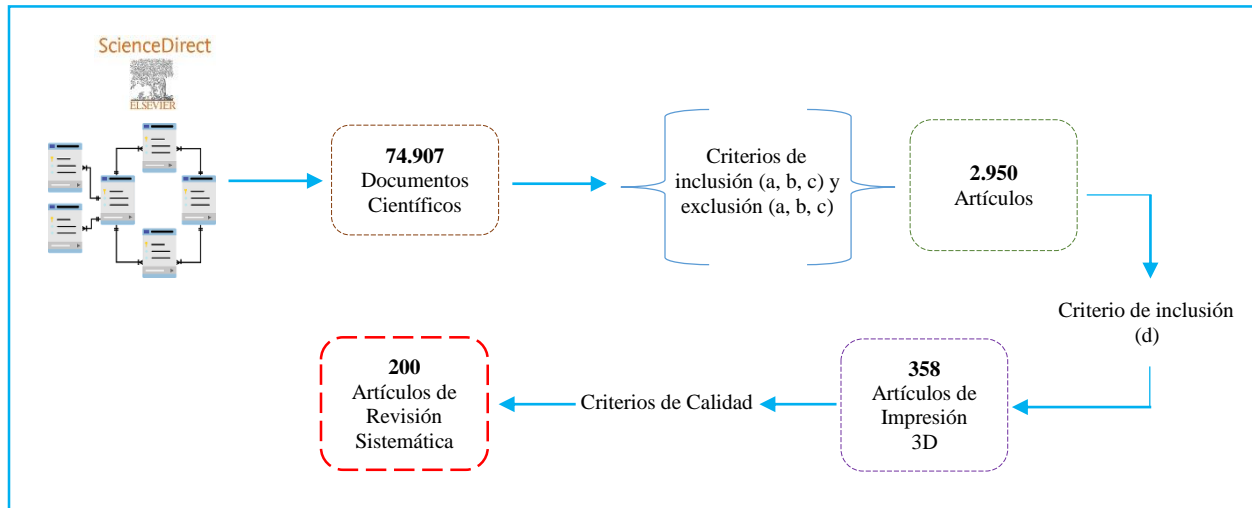


Figura 2. Proceso de Selección Artículos de Investigación

Para realizar la selección de estudios se generaron diferentes búsquedas, a las cuales se le realizaron filtros que permitieran elegir la información más acertada a la investigación; inicialmente se realizó una búsqueda general que arrojó 74.907 documentos, posteriormente se realizó filtro según los criterios establecidos tanto de inclusión como de exclusión que arrojó 2.950 documentos; finalmente se efectuó un filtro que realizará la búsqueda por título, resumen o palabras clave que arrojó 358, de los cuales se seleccionaron 200 documentos utilizados para la recolección de información.

### 3.5. Revisión de la Literatura

Entre los servicios del laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB se encuentra la ideación y el prototipado por medio de la metodología del Design Thinking que se fundamenta en la construcción de ideas, experimentación y observación. Asimismo, se enfoca en los aspectos humanos, tecnológicos, del negocio y el trabajo en equipo interdisciplinarios. Este laboratorio tiene como propósito aplicar todas las fases del Design Thinking y posteriormente generar prototipos rápidos de bajo costo a través del uso de tecnologías 3D en donde se permita la validación con el usuario. De esta forma, aporta la posibilidad de hacer las ideas realidad. (SEMIOSIS LAB, s.f.)

Con base en este servicio, el desarrollo que se le dio a la revisión de literatura se centró en las prácticas que se han estudiado y evaluado por los diferentes autores con el tópico tecnologías aditivas o impresión 3D.

**3.5.1. Análisis Bibliométrico.** Se inicia con una búsqueda en bases de datos como Springer, Science Direct, Scopus. La elección de estas bases de datos se da porque ofrecen información confiable y cuentan con el respaldo de varios autores al elegirlos como las mejores bases de datos (Ibarra, León-Arenas, & Serrano-Cárdenas, 2014), también se realizaron búsquedas en motores de como Google Scholar con el fin de conocer información sobre prácticas de referencia en tecnologías 3D enfocado a las tecnologías de fabricación aditiva.

En la búsqueda se encontraron cerca 74907 documentos entre estos los autores con mayor relevancia son: José Caro, Ana Luque, Belen Zayas (Índice h: 17); Francesc Marc Esteve Mon,

Jordi Adell Segura, Mercè Gisbert Cervera (Índice h: 10); Manuel Armentes y Juan José Muñoz (Índice h: 7); y Cardemil, Villagrán, Stanley (índice h: 13)

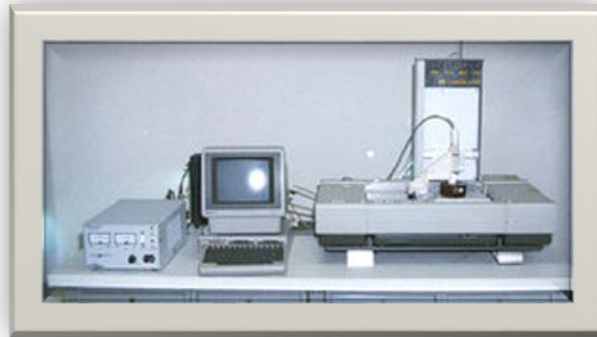
Dentro de los artículos estudiados, se destacan aplicaciones en el área de medicina, arquitectura, vestuario, juguetes y educación siendo esta última una de las mejores en adoptar esta tecnología debido a que los estudiantes de hoy en día no pueden concebir su vida sin la tecnología y los avances que esta implica, convirtiéndola en una buena herramienta para todas esas mentes curiosas y creativas. (UniMOOC, 2015)

**3.5.2. Análisis Preliminar de la Literatura.** Con los diferentes desafíos en el campo del diseño, se hace necesario el uso de las prácticas de referencia para el desarrollo de nuevos productos. Teniendo en cuenta que esta es una era de grandes avances tecnológicos, la tecnología de impresión 3D es una de las mejores herramientas para la solución de diseño, fabricación, transporte y costos. En la presente revisión se mencionan las aplicaciones más relevantes en tecnología 3D haciendo énfasis en las aplicaciones de impresoras 3D, que están contribuyendo, innovando, generando y brindando apoyo a las empresas para la generación de productos (Escuela Argentina de Nuevas Tecnologías, s.f.). Estas aplicaciones satisfacen alguna necesidad o petición en particular del cliente y es allí donde las universidades adquieren un papel fundamental al incorporar nuevas tecnologías en sus métodos de enseñanza y aprendizaje, que permitan al estudiante entender la forma de afrontar los diferentes problemas del mercado.

La tecnología 3D es un marco de referencia muy conocido en aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada. En el ámbito del patrimonio se ha recurrido en incontables ocasiones a la digitalización del mismo para su difusión mediante técnicas de dibujo (modelado tradicional). (LiDAR) (Caro, Luque, & Zayas, 2015) las tecnologías 3D o de fabricación digital consisten en

una colección de herramientas para el diseño y modelado, creación de prototipos y su fabricación, instrumentación con pruebas de depuración y documentación para una amplia gama de aplicaciones.

En 1984 el señor Charles Hull incorpora el término estereolitografía (un sistema de prototipado rápido, un proceso que solidifica capas de polímeros líquidos sensibles a la luz ultravioleta mediante tecnología láser). Posteriormente en 1987 crea la empresa “3D Systems”.



*Figura 3.* Primera impresora 3D. Adaptado de: Redacción Silicon. (2013). Impresión 3D: Llega el futuro de los sistemas de producción. Disponible en: <http://www.silicon.es/impresion-tridimensional-llega-el-futuro-de-los-sistemas-de-produccion-49043>

Entre las aplicaciones de tecnologías 3D se encuentra la realidad virtual o 3D la cual ofrece a los educadores una innovadora manera de motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje de las diferentes áreas de la ciencia. Por medio de espacios virtuales 3D los estudiantes podrán experimentar sensaciones de diferentes lugares y observarlos al mismo tiempo.



Figura 4. Realidad Virtual. Adaptado de Aparicio, D. (2016). La realidad virtual deja de ser cosa de ciencia ficción.

La realidad virtual también permite reaccionar a problemas reales (Gestión Práctica de Riesgos, 2012, págs. 38-42), como un paro cardíaco. La plataforma de experiencia virtual *Staying Alive* (Salvar vidas) permite tener el conocimiento de cómo reaccionar ante un paro cardíaco. Esta es una de las numerosas aplicaciones que existen debido a que también se emplea para atender pacientes de forma más rápida. Se han hecho estudios a las reacciones de las personas en diferentes entornos para determinar el comportamiento cognitivo y observar las distintas conductas en cada individuo; estos espacios virtuales también son aprovechados para superar algunas fobias y de esta forma desarrollar mayor tolerancia.

Además se encuentran aplicaciones en 3D para Tablet, estas herramientas son muy útiles, (De la Torre, et al., 2015) debido a que generan estímulos de creatividad, imaginación e innovación en los estudiantes. Los aplicativos como Blokify (crean objetos bloque tras bloque muy semejante al juego de tetrix, pero en 3D) es un aplicativo muy sencillo de usar, en el cual hay que ir poniendo bloque tras bloque los cuales generan una figura totalmente nueva y diferente. Pottery (demuestra

la habilidad de crear objetos en barro) es otro aplicativo para Tablet el cual consiste en diseñar objetos de barro como se fabrican en la vida real, los estudiantes generan una amplia gama de objetos sin la necesidad de tener conocimientos previos de programas de modelado, permitiendo el aprendizaje, el desarrollo de la imaginación y visualización de entornos virtuales 3D.

De igual forma los libros digitales han empezado a adaptar las tecnologías en 3D aplicando ayudas visuales de objetos en 3D para que el alumno entienda y disfrute más de los procesos de aprendizaje. Adicional a estas ayudas también se encuentran figuras en 3D para libros en físico de tal modo que el alumno comprenda de una forma más fácil y dinámica lo que el autor pretende dar a conocer. Como menciona Carbonell - Carrera, et al. (2016) las imágenes 3D en los libros digitales facilitan la visualización de un objeto y permiten manipularlo por medio de los controladores del computador, observando detalladamente su composición geométrica. La manipulación de los objetos en 3D mejora las habilidades de aprendizaje, el lector puede entender de manera más simple lo que se quiere dar a conocer del entorno en el que se desarrolla del relato.

Por otro lado, Pereira & Robledano (2013) establecen la importancia de conservar los libros de tal modo que las siguientes generaciones puedan leer y conocer la historia, por medio de la fotogrametría y escáner 3D, estos dos hacen parte de las aplicaciones utilizadas en la tecnología 3D. La fotogrametría es una técnica que determina las propiedades geométricas de los objetos y el escenario espacial, a partir de imágenes fotográficas, de corto o largo alcance, para este proceso se deben tomar varias fotografías en diferentes ángulos y utilizar un programa llamado Autodesk 123D Catch®, el cual permite realizar modelos en 3D mediante la combinación de fotografías convencionales, las agrupa y de esta forma obtiene una figura completa en 3D. Las fotografías deberán ser tomadas de distintos ángulos y con buena iluminación para que no falte ninguna parte

del objeto. (Ramírez & Suárez, Epigrafía digital: tecnología 3D de bajo coste para la digitalización de inscripciones y su acceso desde ordenadores y dispositivos móviles, 2014)

En cuanto a aplicaciones de escáner 3D para los libros, se encuentran métodos como los de medir y digitalizar en 3D un modelo físico para extraer la información y digitalización del libro Gall- Art (2014), permitiendo conservar los textos antiguos, los cuales se podrán encontrar en medio digital una vez se haya hecho la reconstrucción de cada uno de estos; al terminar el escaneo serán puestos al servicio de todo el público por medio de internet. Este método servirá en especial a las personas que están interesadas en conocer acerca de la historia y cultura.



*Figura 5.* Escáner 3D. Adaptado de: Anónimo. (2012). Escáner 3D.

En países como Cuba se han incorporado tecnologías de escáner 3D que han permitido la obtención de información digital precisa, fiable y exhaustiva, disponibles para intercambiar desde el diseño a la fabricación y el ensamblaje Ojeda, Belete, & Batista, págs. 95-103 (2014). Por medio de un escáner 3D se pueden tener las dimensiones exactas de diferentes áreas visualizándolas mejor y dando mayor claridad del área que se está trabajando. En la minería el escáner 3D resulta ser una gran aplicación debido a que es una gran ayuda para la obtención de modelos digitales de

elevaciones en los yacimientos lateríticos, mejora la eficacia y exactitud utilizando la fotogrametría como un modo más práctico de obtener imágenes más reales y exactas, y de este modo, disminuyendo tiempos de topografía e ingeniería por la precisión que este tiene.

El escáner 3D hacen parte importante de la impresión 3D y es uno de los mejores complementos debido a que es otra forma de obtener un diseño impreso, utilizando el escáner se puede copiar un objeto y modificarlos o dejarlo igual para posteriormente imprimirlo de esta forma se obtiene un diseño más personalizado.



*Figura 6.* Impresión 3D: Prototipado. Adaptado de: Ultralab. Disponible en: <http://ultralab.net/tienda/57>

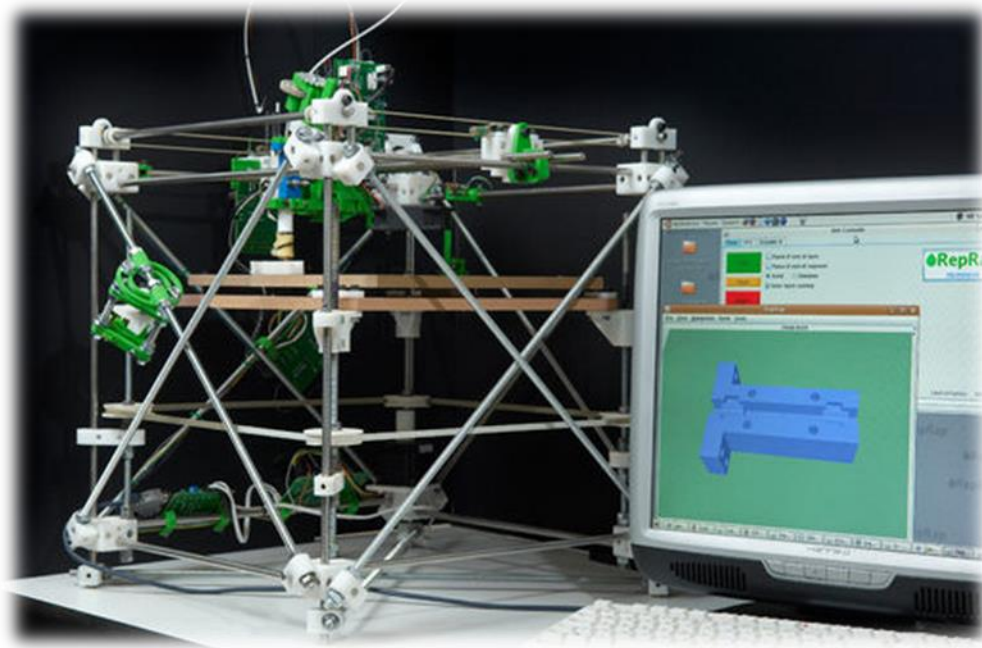
El pensamiento crítico y de análisis lo debe adoptar cada persona ya que les será de ayuda en las diferentes áreas de trabajo y son precisamente este tipo de herramientas tecnológicas como la impresora 3D, las que aumenta el análisis de problemas y creación de soluciones. Las personas deben conocer y entender que la impresión 3D se vuelve parte del día a día y que es muy sencillo poder crear sus propios productos, diseñarlos y contribuir con nuevas ideas. El proyecto de impresoras 3D del Laboratorio a Casa se centra Rodríguez, Jérez, & Gómez (2014), en dar acceso a la población no universitaria para que tengan el conocimiento y hagan uso de esta para descubrir

que es una herramienta cercana y accesible, este establece métodos de enseñanza de tal modo que pueda ser innovador.

Existen lugares de acceso público como lo son las bibliotecas siendo centros de aprendizaje donde los estudiantes y personas en general encuentran diferentes medios con los cuales aprender y mejorar el uso de otras tecnologías; una de estas es la impresora 3D. Aquellas personas interesadas en aprender más sobre la construcción de prototipos y diseño en impresoras 3D tendrán la opción de aprender sobre esta tecnología en las bibliotecas públicas debido a que están considerando la idea de poder tener estas impresoras para el uso público, debido a que algunas personas no tienen la posibilidad de tener una. (Comalat-Navarra, 2015)

La tecnología 3D no solo permite diseñar, también se pueden compartir diferentes diseños con distintas personas en otros lugares del mundo, logrando diseñar el producto que necesita una persona en otro lugar y no sabe cómo diseñarlo dándole así solución al problema. Se podría hacer productos en un lugar A y enviarlos a lugar B sin la necesidad de transportar, simplemente teniendo esta tecnología se están evitando los costos de transporte de grandes medianos o pequeños productos según (Vazhnov, s.f.)

Con el paso de los años, las técnicas de impresión 3D han evolucionado a pasos agigantados, permitiendo la impresión de prácticamente cualquier cosa, desde implantes dentales a gafas, ropa, calzado, comida, implantes en el cráneo hasta la digitalización e impresión de un bebé aun estando en el vientre de la madre facilitando el conocer cómo será el bebé, estas innovaciones y avances brindan la posibilidad de imaginar un sin número de ayudas a diferentes comunidades y diferentes personas con algún tipo de discapacidad, siendo cómodos y sencillos de realizar. Esta tecnología es ideal para las personas que perdieron algún miembro ya que al imprimirlas en 3D se realiza un molde exactamente a la medida. (Euroresidentes, 2017)



*Figura 7.* Impresora 3D RepRap. Adaptado de: Redacción Silicon. (2013). Impresión 3D: Llega el futuro de los sistemas de producción.

La tecnología de impresión 3D es importante en el desarrollo de aplicaciones para diferentes campos de trabajo. Dentro de la medicina se encuentran aplicaciones tecnológicas de impresión 3D las cuales son aprovechadas por estudiantes debido a que pueden entender con mayor facilidad el comportamiento del cuerpo humano gracias a la impresora 3D. Las partes del cuerpo humano son impresas y estudiadas con más detenimiento, esta tecnología se convierte en una gran ayuda debido que para los profesores les resulta muy difícil el acceso al material cadavérico según Inzuna et al. (2015) La impresora, aunque brinda muchas ventajas en el aprendizaje se ve limitada debido a que las partes del cuerpo en cuanto al color y sensación se refiere no son muy precisas, por esto los estudiantes tendrán que tener contacto con un cuerpo real por lo menos una vez en sus carrera para tener mayor conocimiento de la anatomía humana y aplicar el conocimiento adquirido con las impresiones 3D de órganos.

La impresora 3D llega al campo farmacéutico (Pérez, 2015), creando la primera pastilla con esta tecnología. La pastilla aprobada para ser impresa y consumida es **Levetiracetam** la cual sirve para controlar los ataques de epilepsia y convulsiones. La particularidad de esta pastilla es que se disuelve en la boca. Este podría ser el inicio de una nueva gama de fabricación farmacéutica ya que se podrían hacer pastillas personalizadas y no hacer un producto para todos, facilitando también la producción dentro de las clínicas, de esta manera satisfacer al paciente. Esto disminuirá las altas cantidades de inventarios que en ocasiones se vencen e incluso se pierden.

En la odontología según Cantín, Muñoz, & Olate (2015) los estudiantes se deben familiarizar con la estructura dental y para eso el escaneo e impresión en 3D ofrece una ayuda a los estudiantes para que comprendan mejor la morfología de las personas y los posibles cambios que podrá tener durante su desarrollo. Estos estudios permitirán tener un plan de acción sobre estos cambios, mejorando así la salud dental de los pacientes dándoles más conocimiento sobre los problemas dentales y sus causas.

Las malformaciones dentales también son tratadas por medio de la tecnología 3D. Gracias a la tecnología 3D se podrá acceder a un tratamiento dándole al paciente una solución a los problemas dentales que padece según Centero (2014). Los nuevos conocimientos en tecnología 3D pueden ser utilizados en la medicina dental para mejorar la precisión de las férulas utilizadas para procedimientos de malformaciones dento-esqueléticas: las simulaciones en 3D dan un mejor entendimiento del problema dental y los posibles tratamientos que se llevarán a cabo para cada paciente dándole también la oportunidad al doctor de guardar cada simulación para nuevos pacientes.

La medicina abarca una gran cantidad de aplicaciones ya que se han realizado diferentes productos, algunos como las prótesis, tejido, riñón e incluso mandíbulas (Álvarez P. G., s.f.).

Adicionalmente se han fabricado implantes de metal para caderas y cráneos. La empresa belga Materialise4 diseña y fabrica estos productos a la medida del usuario brindando una gran ayuda médica. La impresión 3D se está introduciendo en la fabricación de material quirúrgico mejorando la forma en que un paciente pueda mejorar su salud. (Euroresidentes, 2017)

Cuando equipos médicos hacen recorridos a zonas alejadas, uno de los problemas más comunes es el traslado de herramientas, equipo médico y el poder adaptar los procedimientos con todos los contratiempos en cuanto al daño o falta de uno de estos elementos. En casos médicos los problemas vienen determinados por la demanda de una variedad de herramientas, todas necesarias para los procedimientos. La impresora 3D es un recurso muy utilizado por los médicos ya que disminuyen los inventarios, produciendo los elementos que realmente se necesitan. (Impresióntresde, 2017)

En el campo de la aviación la impresión 3D está tomando parte en la fabricación de componentes de corta vida útil, para algunos esto se convierte en una desventaja puesto que consideran que esto disminuye la acumulación de inventario y el costo, Wyman (2014) mientras tanto otra parte encuentra una ventaja en estas piezas, debido a que son más rápidas de fabricar y a diferencia de la impresión aplicada en otros sectores en la aviación se está protegiendo la tecnología de fabricación, esto quiere decir que los productos fabricados por estas impresoras en el sector de la aviación no serán de código abierto como lo son la mayoría de los productos fabricados por otras impresoras 3D.

En el ámbito deportivo la comodidad lo es todo para un atleta; es una parte importante para el buen desarrollo de su actividad física. Es por esto que (Cazón, Muñoz, Ferradas, Camo, & Zuazo, 2015) junto con la ayuda de Amadeo Curris e Ibon López fabricaron 3 prototipos para diferentes deportes, el primero es una máscara protectora facial, el segundo son unas plantillas ortopédicas y por último las espinilleras de fútbol. Una vez hechos los diseños se podrán hacer modificaciones

como el tamaño de los ojos en el caso de la máscara y diferentes arreglos que mejoran el diseño de la estructura del producto haciéndola mucho más adaptable al cuerpo. No solo importa que el diseño se ajuste perfectamente al usuario, también se debe tener en cuenta el tipo de material puesto que debe ser el más adecuado para que brinde mayor comodidad.

En el sector automotriz al principio solo se fabricaban componentes pequeños para el auto, pero hoy en día ya es posible fabricar un automóvil completo. Empresas como STRATI ya realizan el diseño y construcción del vehículo. 3TRPD2 es una empresa de Inglaterra que ha impreso una caja de cambios mejorando la velocidad y pesa menos que las convencionales. Empresas como General Motors o Mercedes-Benz han utilizado la impresión 3D para la fabricación de prototipos viendo la funcionalidad de sus componentes he introduciéndolos luego a la fabricación de autos. (Euroresidentes, 2017)

En los alimentos la creación de diferentes productos y los diseños varían dependiendo de las necesidades, los postres hacen parte de los más extravagantes estilos de diseño. El aspecto novedoso con los alimentos es el lograr el diseño de una comida con el sabor de otra: para las personas que padecen diabetes, esta tecnología les ofrece una manera práctica de consumir alimentos sin azúcar, pero con la apariencia de un dulce. La impresión 3D se encarga de diseñar estos productos, ahora hasta los vegetales serán vistos de una mejor manera por los niños, debido a que se podrán hacer diseños más agradables para cada niño dependiendo de los que le guste. (Oyanedel, 2013)

Los alimentos líquidos o en polvo también pueden ser impresos, alimentos como el azúcar, salsas, quesos y harinas brindando así una amplia gama de productos comestibles con los cuales se podrá trabajar. La empresa Natural Machines3 ha creado Foodini, una impresora 3D para

fabricar comida. También se está fabricando la primera impresora 3D que además de imprimir la comida también la cocine. (Fontrodona & Blanco, 2014)

En la industria militar se fabrican pequeñas piezas para ser reemplazadas; estas se producen en grandes volúmenes, pero solo se hacen por encargo. Con respecto a la fabricación de armas completas se debe tener en cuenta que no hay una regulación y que no se requiere ningún permiso específico para su fabricación. Defense Distributed5 diseñó “The Liberator” la primera arma fabricada por impresión 3D. Hasta hace poco se está realizando la regulación para la fabricación de armas en impresoras 3D debido a que cualquier persona puede descargar un diseño e imprimirlo sin ningún permiso. (Conde J. , 2016)

En Estados Unidos se ha proyectado un plan para poder llevar a cada escuela una impresora 3D, ayudando a entender la gran innovación tecnológica en cuanto a la fabricación de prototipos, esto sin duda tendrá una gran repercusión en el mundo de la industria, haciendo más asequible la posibilidad de crear sus propios diseños, también en las bibliotecas se plantea la idea de usarlas debido a que brindarían mucha ayuda en los métodos de enseñanza.

La impresora 3D genera grandes ideas para el arte, concibiendo modelos más modernos y tecnológicos, también permiten recrear obras de arte idénticas en materiales más duraderos y las cuales podrán ser manipuladas por el público en general sin tener que utilizar los originales. Para los museos es una manera innovadora de enseñar a las personas la estructura y forma de las piezas de arte. (De la Torre-Cantero, Saorín, Meier, Melián-Díaz, & Drago-Díaz Alemán, 2015)

En la arquitectura ha estado presente en el desarrollo de las diferentes maquetas y prototipos de edificios y actualmente es posible fabricar casas completas por medio de impresoras 3D. Las impresoras utilizadas para fabricar casas son de un tamaño más grande y se utiliza hormigón en su

fabricación, dándole una resistencia estructural mayor en comparación con las casas que se construyen de forma tradicional.

Mientras en Tokio los FABLAB desarrollan prototipos de mesas de circuitos, tableros flexibles, componentes conductores de una forma más sencilla que los métodos tradicionales con un menor costo minimizando los residuos y en menos tiempo que otras máquinas. (Hoyos, 2013)

La maquinaria obsoleta ya puede ser reparada con los métodos de fabricación de impresión 3D, haciendo partes discontinuadas de máquinas. Los prototipos se podrían fabricar en un lugar y ser enviados a las empresas con las especificaciones requeridas disminuyendo así los costos de transporte.

Para las áreas de moda, calzado y joyería se contemplan diseños decorativos los cuales podrán tomar nuevas formas, siendo más atractivos para el cliente. En el campo de la joyería se le da al comprador la oportunidad de diseñar sus propios productos, siendo estos a la medida y creando componentes únicos y exclusivos

En el campo de la ingeniería industrial se encuentran diferentes formas en las que está siendo utilizada la impresora 3D revolucionando en la creación de diseños, procesos, moldes y optimización. La fabricación aditiva ha tomado mucha importancia en la forma en que se fabrica un producto, ya que se visualizan los componentes finales, modificando la manera de crear y distribuir un artículo. Esta nueva tecnología acelera los procesos de diseño, corrigiendo más fácil los defectos del prototipo y disminuyendo los tiempos de lanzamiento, permitiendo el desarrollo en reiteradas ocasiones hasta que se logre el producto deseado. En el pasado realizar un producto y diseñarlo tomaba mucho tiempo, pero con las tecnologías 3D es posible realizarlo con mejores estándares de calidad. (Horn, 2012)

Muy pocas tecnologías ocasionaron importantes transformaciones industriales, pero la impresora 3D es una de las más innovadoras y vista por muchos con gran potencial para reinventar la fabricación en la industria, generando una oportunidad para las pequeñas empresas, las cuales deben comprar algunas de las materias primas a otras empresas con maquinaria más avanzada y las cuales fabrican componentes pequeños a un costo muy alto. Con las tecnologías 3D, las pequeñas empresas podrían fabricar sus propios componentes disminuyendo en costos de fabricación y costos de transporte, permitiendo fabricar productos de bajo costo y llevarlos al mercado mucho más rápido, brindando mayor opción al momento de comprar. La impresión 3D también permite impulsar la transformación industrial permitiendo a los fabricantes imprimir productos finales sin tener que ensamblar, la impresión directa de un producto permite que dure más porque sus componentes no se van a romper tan fácilmente, debido a que es un diseño homogéneo y único. (Woodson, 2016)

Por medio de tiempos de ciclos mínimos, pruebas de resistencia, flexibilidad entre otros se puede hacer uso de técnicas como SIX Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) para evaluar la calidad de los productos que se han elaborados por medio de Impresión 3D, siendo esta una tecnología de prototipado rápido en la cual se requiere identificar los ajustes óptimos de los establecidos para la fabricación de partes. Para el caso de estudio de Chen y Gabriel (2016) el hacer uso de métodos estadísticos como lo es el diseño de experimentos Taguchi para determinar factores como densidad, velocidad del extrusor y otros no controlables como el nivel de ruido permisible, permite determinar el valor óptimo para la aceptación de una pieza, concluyendo que la capacidad del proceso puede ser mejorada cuando se aplican herramientas como Análisis de causa y efecto, lo que establece una condición de ganar o ganar. La impresión

3D se ha convertido en una alternativa viable para el estudio de los procesos de producción desde el diseño y desarrollo hasta la producción.

### **Antecedentes**

La investigación desarrollada por Morales (2016) y titulada “*Digitalización de una imagen de la virgen del Carmen y los usos del 3D en la conservación y restauración*” se centró en la implementación de escáner 3D y la fotogrametría, estableciendo la importancia de este tipo de tecnologías en los procesos de restauración. La obtención de un modelo 3D es fácil y rápido, permitiendo la recopilación de información sin tener contacto con las piezas.

El proyecto titulado “*Incorporación de la tecnología 3D a las enseñanzas de las asignaturas de conservación-restauración de bienes culturales y a las vinculadas al ámbito escultórico*” y cuyo autor es (Santos Gómez, 2014) hace referencia al desarrollo de una metodología que permita la utilización de herramientas 3D en asignaturas como conservación y restauración de arte contemporáneo. La conexión de estos ámbitos con estas tecnologías fue fundamental, debido a que permite contemplar la digitalización de diversas piezas fósiles, mostrando cómo se debe actuar en la reproducción de un bien cultural de tal modo que pueda ser investigado sin tener que acceder al original. Otra pieza sobre la cual trabajo fue un fragmento de una *terra sigillata* en donde se plantea ser utilizado de manera didáctica de tal modo que los alumnos o visitantes puedan manipular la pieza sin generar deterioro a la original. Para el desarrollo de estas piezas se utilizó un escáner 3D el cual permitía conocer las dimensiones de cada una de estas para posteriormente ser impresas en 3D con resina acrílica. Usaron moldes de silicona con carcasa de escayola, pero finalmente las piezas que se reprodujeron estaban elaboradas con resina epoxi, con pigmentos y cargas.

Los resultados obtenidos en ese proyecto fueron satisfactorios permitiendo una explicación a los estudiantes sobre los usos de la tecnología 3D, la digitalización de un hueco (fragmento faltante) en una pieza, una vértebra caudal, en paleontología, creación de una medalla la cual sea fundida en plata luego de ser impresa, un trozo de piel animal con pelo y una pluma. Los resultados obtenidos de ese proyecto fueron consignados en videos en donde explica desde la utilización del escáner hasta el tipo de resinas utilizadas para la creación de los moldes de impresión.

Para (Pous de la Flor, Perez, & Sanjuan Mauriz, 2015) la implementación de las técnicas de impresión 3D en las diferentes áreas de trabajo permite entender y resolver de una forma más adecuada los problemas que día a día se presentan en el campo de la ingeniería; uno de los casos objeto de estudio es la prevención de riesgos laborales en donde se realizan diferentes equipos de protección individual (EPI) generando mayor ergonomía y protección al operario, facilitando el desarrollo de su respectivo trabajo.

Una de las mayores ventajas de la tecnología 3D en la ingeniería es poder tenerla al alcance ya que las universidades han adoptado esta tecnología como una forma de apoyo al estudiante los cuales deben salir preparados con el conocimiento necesario de nuevas tecnologías, elaborando prototipos industriales, con lo que se busca la disminución de grandes gastos en la fabricación de moldes, los cuales con el tiempo se dañan y pierden la capacidad de fabricar un buen producto. La impresora 3D es usada en el Centro de Automatización Industrial de la universidad Javeriana permitiendo a estudiantes e industria fabricar sus prototipos. Este es un espacio brindado por la escuela de ingeniería industrial en el cual se concentran la investigación, desarrollo e innovación tecnológica. Permitiendo un entendimiento en la programación, control de proceso y diseño del producto por medio de condiciones industriales simuladas. (Medina Porras , 2016).

De igual forma, los estudiantes de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz bajo la coordinación del ingeniero Oscar Granados, adquirieron tecnologías 3D permitiendo a los alumnos aprender y experimentar el ciclo completo de la creación de un producto, desde su diseño hasta su materialización, ya que esta tecnología permite la revolución en diferentes sectores de la industria. Por esto es importante que los estudiantes aprendan a manejar esta tecnología y se involucren en las nuevas formas de fabricación y consumo de productos, para que en el futuro puedan liderar los procesos de innovación, diseño y distribución. Toda esta tecnología permite dar un mejor entendimiento sobre la ergonomía, optimización, diseño de los productos. (Granados O. , s.f.)



*Figura 8.* Impresión 3D del laboratorio de ingeniería: otra oportunidad para la creación. Adaptado de: [konradlorenz.edu.co](http://konradlorenz.edu.co)

## 4. Gestión de las Tecnologías

A continuación, se describe el concepto de tecnologías 3D y los beneficios de la innovación tecnológica. Con el objetivo de profundizar en la comprensión de estas tecnologías, se establecieron los tipos y aplicaciones, así como también se expone el papel que juegan los laboratorios de fabricación digital en el uso de dichas tecnologías.

### 4.1. Tecnologías 3D

Los cambios que han surgido en la tecnología los últimos años para las empresas, en medio de un ambiente de aguda competencia a nivel global, obligan a cada fabricante a establecer condiciones en términos de costos, tiempo y calidad, que le permitan responder a las necesidades de un mercado que pide la generación de diseños novedosos y que garantice una fabricación con mínimos retrasos. (Rolstadas & Dolinsek, 2006, pág. 261)

Se denomina Tecnología al conjunto de conocimientos y técnicas que permiten al ser humano modificar su entorno material o virtual para satisfacer sus necesidades de forma lógica y ordenada. Las tecnologías surgen del deseo de transformar un entorno por medio de nuevos métodos como lo manifiesta (PEAPT, 2013). La tecnología 3D permite la visualización de los objetos como son, brindando un mayor entendimiento y racionamiento espacial.

La tecnología 3D permite convertir diseños informáticos en objetos reales, para Amadoz (2015) haciendo uso de ordenadores que garantizan que el modelo diseñado, sea elaborado con base en los requerimientos del cliente. Este prototipo se evaluará en relación a los criterios establecidos

para poder ser corregido. En (Universia España, 2015) manifestaron que los prototipos proporcionan valor al proceso de producción debido a que permiten la interacción del usuario en las etapas de diseño y desarrollo, evaluando la viabilidad y la utilidad de los diseños antes del proceso de programación y así permitir el mejoramiento continuo de los procesos.

El uso tecnologías 3D ha modificado la fabricación tradicional permitiendo a las empresas la reducción de costos y tiempos de producción, proporcionando alternativas que se ajusten a las necesidades reales del mercado haciendo uso de herramientas computacionales para la transformación de elementos según lo manifiesta la (Fundación Telefónica, 2014). La incorporación de nuevas tecnologías que representen un cambio en el método de fabricación de productos existentes o nuevos, y de los procesos de producción son de gran ayuda mejorando la productividad de la empresa. (Tapias, 2000).

La personalización de los productos, la reducción de costos de preparación, mano de obra, materiales, y tiempo de proceso, así como la concepción de prototipos para el lanzamiento de productos, son solo algunos de los beneficios del uso de tecnologías 3D. (Siemens, s.f.)

Algunas tecnologías 3D hacen uso de un sistema integrado el cual se encuentra contextualizado así (Siemens, s.f.):

1. Ordenador
2. Programa de Simulación y visualización en 3D.
3. Análisis (diseño que cumpla con las expectativas).
4. Herramientas para la creación de modelo.



Figura 9. Beneficios de Realizar Buenas Prácticas en 3D. Adaptado de slideshare.net

Entre las herramientas para la creación de los modelos se debe establecer la estructura del elemento objeto de estudio desde su comportamiento estructural (estabilidad estática, dinámica, etc.) hasta el desarrollo constructivo (secuencias de montaje, dimensión de piezas, etc.). Así mismo, permite la incorporación de características técnicas como materiales, trazos, flujos de procesos, etc. (García, 2011)

Las tecnologías 3D permiten elaborar infinidad de productos con máquinas específicas y realizar prototipos con facilidad, lo que implica una mejora en el diseño de éstos, reduce costos de producción y es considerada como una nueva industria y un nuevo sector que creará nuevos puestos de trabajo y nuevas formas de negocio. Un ejemplo de esto son empresas como Shapeways, Thingiverse o cubify, que crean sus mercados de modelos 3D y permiten que los

usuarios los descarguen e impriman. Existen innumerables aplicaciones en este campo y una de estas es la creación de prótesis o incluso la impresión de tejidos orgánicos. (Impresoras 3D, 2013)

## **4.2. Clasificación de las tecnologías 3D**

**4.2.1. Diseño 3D.** El diseño digital o entornos virtuales buscan el desarrollo de habilidades para contar historias y el análisis de procesos, este tipo de tecnología está orientado a medios de comunicación, cine, publicidad, entre otros. Proporciona una nueva visión en relación a las oportunidades educativas ya que permite navegar e interactuar. (Ramón et al, 2014)

Mediante un proceso de análisis de los objetos creados por programas de diseño 3D, cuyo objetivo es la representación visual en tres dimensiones, la creación de gráficos e imágenes es similar y permite la simulación mediante cálculos basados en la proyección de entornos tridimensionales sobre pantallas bidimensionales tales como televisores, monitores, gafas, guantes, entre otros (Ramos, 2010). El diseño 3D permite la planeación de los procesos, disposición de espacios (realidad virtual), simulación de actividades y localización (uso de programas como Google SketchUp), análisis de trabajo seguro, entre otras (Tatatechnologies, 2014).



*Figura 10.* Diseño 3D. Adaptado de: Afán, Y. (2012). Modelado con el software Softimage 2012, con modelo de referencia. Render y texturas Mental Ray.

Existen programas creados para realizar diseños que pueden ser impresos en 3D, varían en sus funciones y características de acuerdo a las necesidades de los usuarios. En la tabla relacionada a continuación se listan los diez más usados, así como también se realiza una breve explicación de sus funcionalidades.

Tabla 2.

*Programas más usados para Diseño e Impresión 3D*

Software	Función	Nivel	Sistema Operativo
<b>TinkerCAD</b>	Diseño 3D, CAD	Principiante	Buscador Web
<b>3D Slash</b>	Diseño 3D, CAD	Principiante	PC, Mac, Linux, Buscador Web
<b>Sculptris</b>	Diseño 3D, CAD	Principiante	PC, Mac
<b>SketchUp</b>	Diseño 3D, CAD	Intermedio	PC, Mac, Linux

Tabla 3. *Continuación*

Software	Función	Nivel	Sistema Operativo
<b>Fusion 360</b>	Diseño 3D, CAD	Intermedio	PC, Mac
<b>FreeCAD</b>	Diseño 3D, CAD	Intermedio	PC, Mac, Linux
<b>Blender</b>	Diseño 3D, CAD	Profesional	PC, Mac, Linux
<b>Onshape</b>	3D Design, CAD	Profesional	Web Browser
<b>Netfabb</b>	Software de corte, STL Checker, Reparador STL	Intermedio	PC, Mac, Linux
<b>3D-Tool Free Viewer</b>	Visualizador STL, STL Checker	Intermedio	PC

Nota: Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores software para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

## TinkerCAD

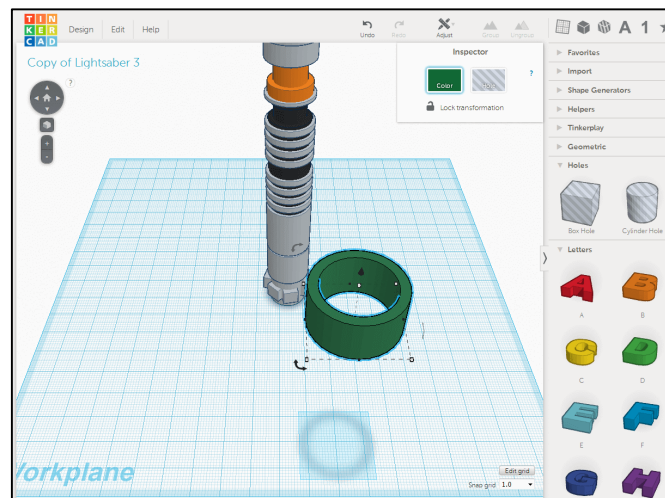


Figura 11. Programa TinkerCAD. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>.

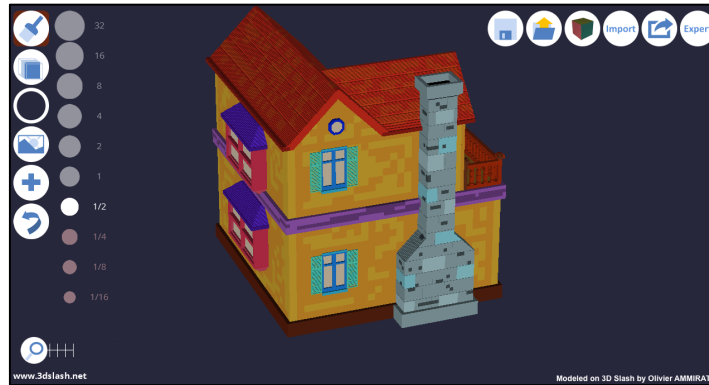
Es un programa de diseño que es asistido por computador (CAD)\* para impresoras 3D (Bulent, 2017), es un programa adecuado para quienes están empezando a conocer los procesos de diseño; con este programa es posible construir un modelo partiendo de formas básicas así como también crear formas geométricas en 2D y convertirlas en modelos 3D.

### **3D Slash**

Es un programa que permite crear modelos 3D basados en un concepto simple de construcción usando bloques. Se inicia con un bloque grande y se van quitando bloques más pequeños empleando herramientas como un martillo o taladro; otra opción es iniciar con un espacio vacío e ir construyendo el modelo deseado añadiendo cubos u otras formas, además es posible usar colores y usar imágenes como plantillas. Entre otras características, está la opción de crear logos y textos. Para el logo hay que importar una imagen y el programa crea un modelo 3D, y en cuanto al texto se puede insertar y editar, para luego convertirlo en un texto 3D. (Bulent, 2017)

---

\* En el producto y el diseño industrial, CAD se utiliza principalmente para la creación de modelos 3D detallados de sólidos o superficie, o dibujos en 2D basados en vectores de los componentes físicos. Sin embargo, CAD también se utiliza en todo el proceso de ingeniería desde el diseño conceptual y el diseño de productos, a través de la potencia y el análisis dinámico de los ensamblajes, hasta la definición de los métodos de fabricación. Esto permite que un ingeniero tanto de forma interactiva como automática analizar variantes de diseño, para encontrar el diseño óptimo para la fabricación y reducir al mínimo el uso de prototipos físicos



*Figura 12.* Programa 3D Slash. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>.

### **Sculptris**

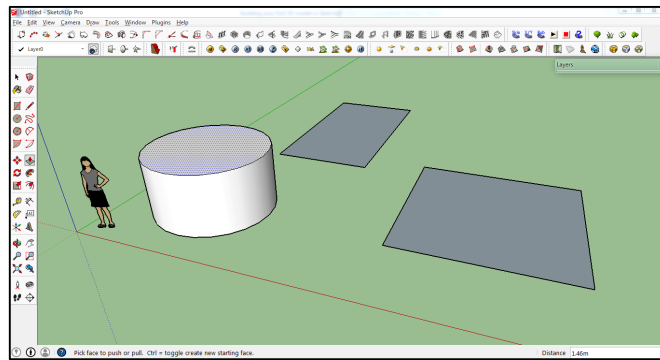
Este es un programa que permite esculpir virtualmente, y se centra en el concepto de modelar arcilla, es adecuado para imprimir estatuillas Sculptris es totalmente gratis y se posiciona así mismo como la entrada hacia una herramienta ZBrush más sofisticada. (Bulent, 2017)



*Figura 13.* Programa Sculptris. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>.

## SketchUp

Este programa maneja una interfaz fácil de usar, el proceso de aprendizaje es relativamente sencillo, la edición es gratis y posee las herramientas necesarias para modelar en 3D. Adicionalmente tiene una edición profesional para arquitectos, diseñadores de interiores e ingenieros. (Bulent, 2017)



*Figura 14.* Programa SketchUp. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>.

## Fusión 360

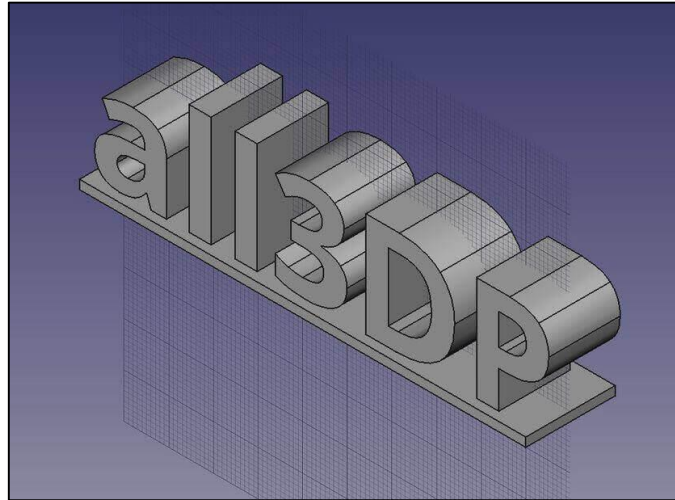
Es una herramienta de programa CAD 3D profesional, a diferencia de otras herramientas de modelado 3D de cuerpo sólido, es muy fácil de usar y abarca todas las etapas de diseño, planificación, prueba y ejecución. Además, posee potentes herramientas de análisis paramétrico y de malla perfectamente adaptadas a la mayoría de los retos del diseño industrial; puede simular el proceso de construcción de componentes y se distingue por ofrecer funciones colaborativas sofisticadas, es posible efectuar intercambio de archivos en la nube, control de versiones y la importación o exportación de archivos CAD en los formatos más usados. (Bulent, 2017)



*Figura 15.* Programa Fusión 360. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

### **FreeCAD**

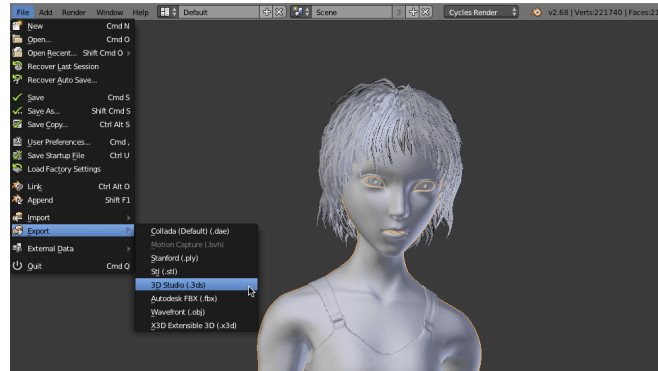
Este es un programa asistido por equipos CAD que cuenta con múltiples características para el apoyo en el desarrollo de las habilidades de diseño. La descripción más técnica es que se trata de un modelador paramétrico 3D, lo que permite modificar fácilmente el diseño volviendo al historial de modelos y editando los parámetros. (Bulet, 2017)



*Figura 16.* Programa FreeCAD. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

### **Blender**

También es asistido por equipos informáticos (CAD), su aprendizaje es más complejo; sin embargo, es ideal para desarrollar modelos más sofisticados, posee una comunidad muy servicial y gran cantidad de tutoriales. Es de código abierto, por lo que a menudo se escriben extensiones para mejorarlo y enriquecerlo. (Bulet, 2017)



*Figura 17.* Programa Blender. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

## **Onshape**

Es un software CAD profesional, gratuito y de código abierto; está dirigido a usuarios profesionales que desean el control de versiones y colaboración sencilla. Funciona con todos los sistemas operativos e incluso en teléfonos. A diferencia de las herramientas CAD técnicas y otros sistemas de gestión de datos que deben ser instalados en el computador, Onshape facilita acceder de forma instantánea en el mismo espacio de trabajo CAD y los mismos datos CAD gracias a la nube. Además, otra característica importante es la capacidad de administrar un diseño sin la necesidad de guardar copias o realizar un seguimiento de numerosas versiones de archivos diferentes. (Bulet, 2017)

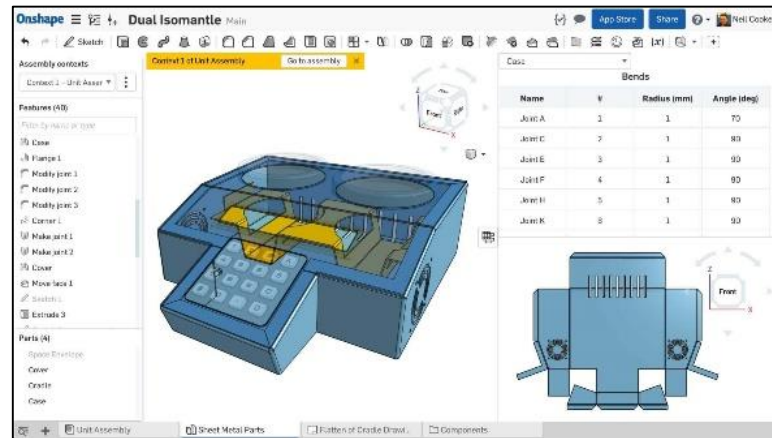


Figura 18. Programa Onshape. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

## Netfabb

Es un programa de corte con funciones prácticas, para analizar, reparar y editar archivos STL antes de cortarlos; tiene herramientas que ayudan a agilizar su flujo de trabajo aditivo y a pasar rápidamente de un modelo 3D a piezas impresas con éxito. Incluye capacidades eficientes de preparación de construcción junto con herramientas para optimizar diseños para fabricación aditiva, simular procesos de aditivos metálicos y planificar el pos procesamiento. (Bulet, 2017)

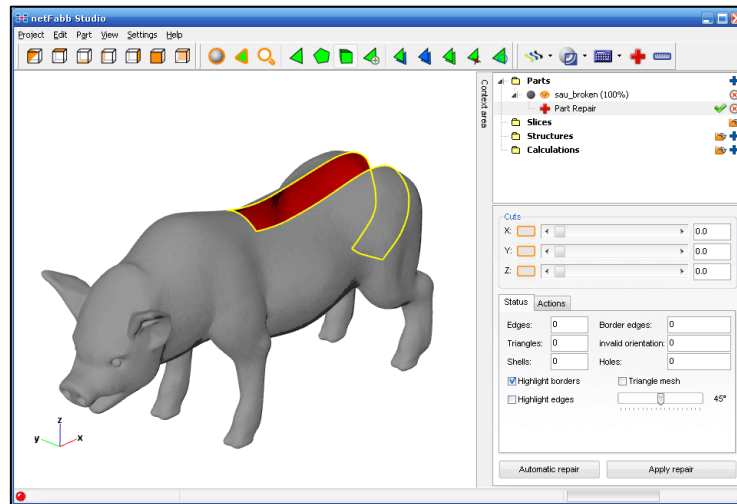
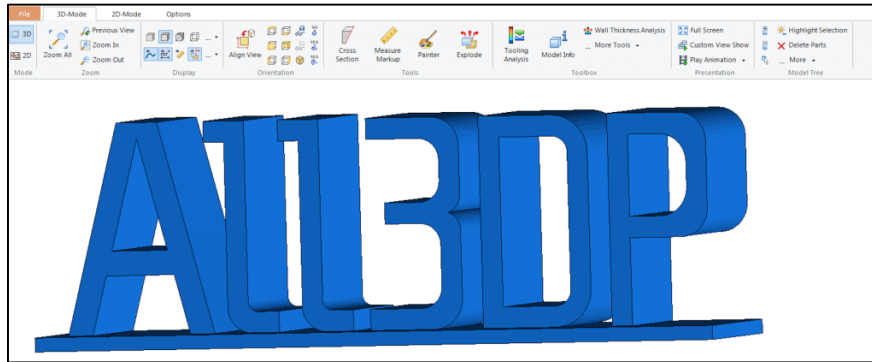


Figura 19. Programa Netfabb. Adaptado de Bulent, Y. (2017). *ALL3DP*. Obtenido de Los 20 mejores software para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

### 3D-Tool Free Viewer

Permite comprobar la integridad estructural y la impresión del archivo. La característica “corte transversal”, por ejemplo, facilita revisar el interior del modelo y comprobar el grosor de la capa exterior, lo que es muy útil cuando se requiere comprobar el archivo STL en busca de errores importantes antes de empezar a imprimir en 3D. (Bulet, 2017)



*Figura 20.* Programa 3D-Tool Free Viewer. Adaptado de Bulent, Y. (2017). ALL3DP. Obtenido de Los 20 mejores softwares para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

**4.2.2. Fabricación sustractiva.** La fabricación sustractiva se basa en la extracción de material, y se asocia a máquinas de control numérico, ya que de un bloque de material se retiran varias partes para la obtención de una pieza. Por medio de cuchillos, brocas o chorros de agua se desbasta el material; estas herramientas se desplazan bajo control digital y se diferencia por la cantidad de ejes de movimiento y la magnitud de trabajo, relacionando materiales posibles de trabajo, velocidades de operación y terminaciones. (Roland Imagine, 2011)

Entre las ventajas que tiene este proceso de mecanización, la precisión y repetitividad hacen parte importante, permitiendo fabricar miniserias y series con una exactitud sorprendente dando superficies de gran calidad y no requieren de un tratamiento posterior. Entre las tecnologías que hacen parte de este ítem son: Fresadoras, torneado, taladro, esmerilado, entre otras. Este tipo de fabricación es práctico cuando se producen grandes lotes de producción, limitando su uso para productos personalizados ya que suele tener un costo de preparación y programación de la máquina, preparación para la sujeción de las piezas a mecanizar y las primeras pruebas de conformidad, lo que hace que su costo unitario sea inferior en relación cuando se solicita la fabricación de una sola pieza. (FabLab, 2016)

Las tecnologías sustractivas son consideradas usualmente obsoletas, pese al avance tecnológico. En los últimos 20 años estas tecnologías han cambiado, en relación al modelo de producción ya que era prolongada y tediosa la tarea de codificación para el programa CNC.

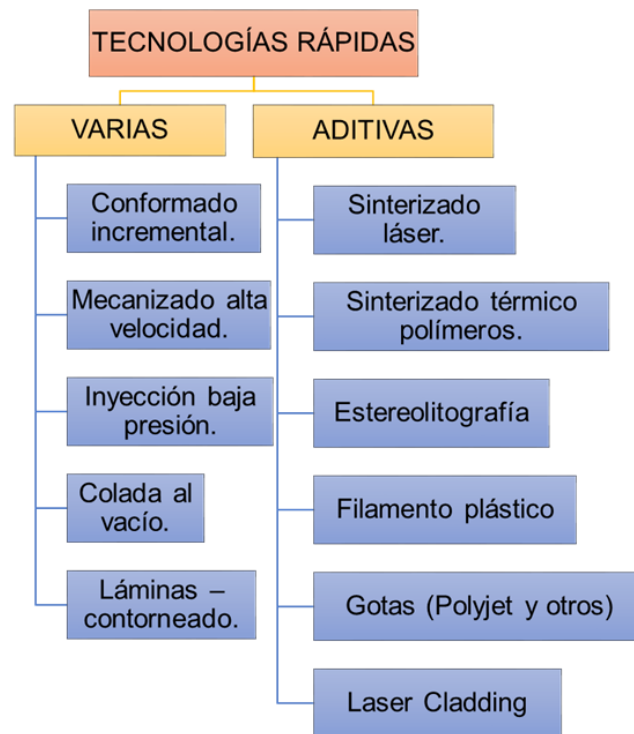


Figura 21. Tecnologías Rápidas. (2012). Adaptado de: Izaro Manufacturing Technology.

Tecnologías / Plástico Fabricación Aditiva

Tabla 4. *Prototipado rápido sustractivo.*

Prototipado Sustractivo Rápido en el Proceso de Flujo de Trabajo				
Producto y Desarrollo	Producción y Fabricación	Gestión de Ciclo de Vida Útil	Gestión de Bienes	Operaciones Internas y Control de Procesos
Producción frecuente de modelos a través del proceso de desarrollo. Evaluar y optimizar diseños. Maximizar el diseño para la producción. Eliminar errores antes de que los modelos sean producidos	Producir partes de alta calidad una sola vez y en volúmenes bajos a medianos. Producir plantillas y accesorios.	Eliminar gastos generales y de almacenamiento. Producir partes sometidas a ingeniería inversa. Producir partes en tiempo real con materiales de uso final.	Traer la identificación con placas de los bienes a las propias instalaciones. Eliminar gastos de subcontratación. Cumplir con las necesidades de etiquetado e identificación en tiempo real.	Herramienta de comunicación para obtener un acuerdo con los clientes sobre el diseño. Cumplir con las necesidades de etiquetado e identificación en tiempo real.

Autor: Roland DGA Corp. 2011

La impresora 3D es un dispositivo con la capacidad de producir un objeto solido tridimensional a través de la adición de material. Los métodos de generación tradicionales son sustractivos, es decir, que generan formas a partir de la eliminación de exceso de material. Estas impresoras se basan en modelos tridimensionales para definir qué se desea imprimir; es decir un modelo digital de lo que se imprimirá mediante un software de modelado. Con esta herramienta es posible generar cualquier objeto que se pueda imaginar, usando únicamente la cantidad estricta de material. (Ortiz, Luna, Medina, & Soledispa, 2016)

(Ortiz, Luna, Medina, & Soledispa, 2016), también mencionan que la impresión 3D facilita pasar de un modelo virtual imprimible a una pieza física, en cuestión de horas o minutos y es capaz de crearla con gran precisión; por otra parte, la impresión 3D no utiliza aditivos ni requiere de procesados posteriores.

Para la creación no solo de prototipos sino también piezas funcionales se originan dos grupos de tecnologías: Prototipado rápido cuyo objetivo es crear prototipos sin restricciones de diseño con el uso de resinas, plásticos y la fabricación rápida que enfoca la fabricación personalizada de componentes en pequeñas cantidades totalmente funcionales. (Rubio, Martín G., & Martín L.,

2015) Los procesos aditivos incluyen, entre otras, todas las tecnologías de prototipado rápido (Torreblanca) algunas de estas tecnologías se mencionan a continuación:

#### **a. Estereolitografía (SLA)**

Se considera como el proceso con el cual comenzó la impresión 3D ya que fue Charles Hull quien acuñó este concepto con la fabricación de la impresora 3D. Este proceso consiste en un haz de luz ultravioleta el cual se focaliza sobre una superficie gruesa, rellena de líquido foto polimérico. Los rayos de luz ultravioleta van haciendo un diseño en la superficie del líquido fotopolímero y se va formando capa por capa endureciendo en cada pasada; este proceso de endurecimiento se conoce como foto polimerización. (Sanchez, 2015)

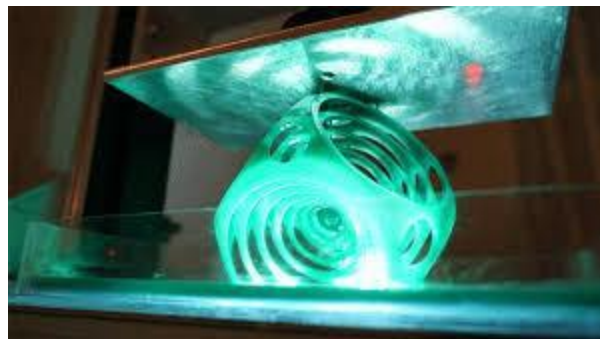
Algunas aplicaciones que se encuentran en la literatura en donde se hace uso de esta técnica de impresión 3D son: Piezas de ajedrez, prototipos para diseños más complejos como autos (Eis, s.f.), edificios, herramientas de construcción, validaciones de diseño y prototipos para ser luego pintados. (INEO, s.f.)

**4.2.3. Fabricación aditiva.** Con la creación de la primera impresora 3D en 1984 por Churll Hull, nace el concepto de fabricación digital, término que agrupa diferentes tecnologías que nacieron en 1987 en 3D Systems.

El objetivo de estas tecnologías es crear prototipos tridimensionales a escalas reales a partir de una resina polimérica fotosensible la cual se solidificaba luego de la creación de capas, por medio de radiación ultravioleta sobre la resina. (Rubio, Martín G., & Martín L., 2015) Las tecnologías de fabricación aditiva, hacen referencia a los procesos de unión de materiales a partir de datos 3D y es un modelo de forma opuesta a las técnicas de fabricación sustractiva. En la actualidad, estos

métodos realizan piezas funcionales con un alto valor añadido, siendo un conjunto de tecnologías emergentes que son competitivas en procesos de mecanizado. Algunos sectores en los que este tipo de tecnología se está introduciendo son biomédico, aeronáutica, automoción y cada vez más en la fabricación de productos de consumo en general. (Moro, P. Á., Garciandía, & Gurmendi, 2014)

La evolución hacia tecnologías más sofisticadas ha permitido establecer diferencias en relación a las técnicas de prototipado rápido. (Gibson & Stucker., 2010) Dichas técnicas permiten obtener piezas por medio de un archivo diseñado en 3D, el cual es impreso de forma totalmente controlada sobre una superficie. La impresora 3D (Additive Layer Manufacturing) permite la elaboración de objetos personalizados y a la medida, lo que implica una mayor satisfacción a los clientes siendo económico y con tiempos de producción menores, generando un cambio en el modo de fabricación tradicional (Rodríguez M. , 2015), imita las formas de la naturaleza (ergonomía, aerodinámica, hidrodinámica) sin encarecer el proceso.



*Figura 22.* Impresión SLA. Adaptado de Impresoras3D.com

### **b. Sinterizado Selectivo Láser (SLS)**

Este método consiste en la fundición de pequeñas partículas y se realiza por medio de un láser; las impresoras ofrecen piezas de altísima rigidez y ultra livianas, caracterizadas por el

recubrimiento de sustrato. (Impresora 3DPrinter, s.f.) El láser selecciona la superficie del material en polvo mediante pasadas transversales siguiendo cortes transversales generados a partir de un fichero 3D. (ADDITIVE 3D, 2014) Este proceso difiere del SLA en relación al láser que utiliza, debido a que la potencia de este hace que el material (polvo) se sintetice. El material utilizado en esta impresora es la poliamida, aunque en ocasiones se realiza una mezcla con fibra de vidrio. (Impresoras 3D, 2013)

Entre las principales aplicaciones que se le da a este tipo de impresoras se encuentran (Aitiip):

1. Maquetas y modelos para verificación estética.
2. Maquetas para validación de producto a nivel dimensional y funcional.
3. Validación de marketing.
4. Piezas “master” para otras técnicas de prototipado rápido
5. *Prototyping y Rapid Tooling*



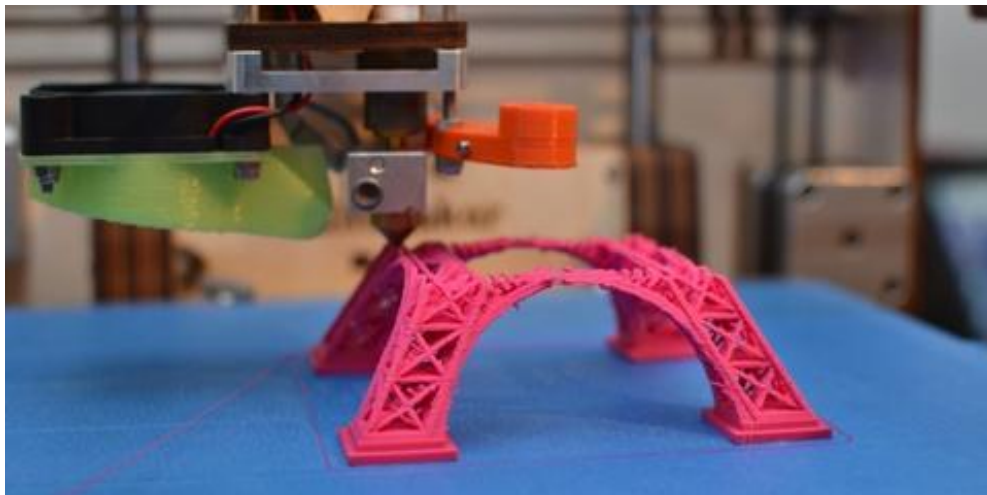
Figura 23. Impresión SLS. Adaptado de Impresoras3D.com

### c. Modelado por deposición fundida (FDM)

A diferencia del SLA y SLS, el modelado FDM utiliza hilos de material (usualmente se utiliza plástico) distribuyendo el material fundido capa por capa, esto se hace por medio de un extrusor móvil, las impresoras 3D que utilizan el FDM hacen parte de impresoras caseras. Entre las principales ventajas de esta herramienta se encuentra el costo de modelado y la facilidad de uso. (Proyecto Recicla 3D, 2014)

Esta herramienta permite realizar pruebas de forma, ajuste, moldes de mecanizado rápido, piezas pequeñas, aplicaciones para pacientes y alimentos, entre otros. Entre las ventajas de esta herramienta se encuentra la precisión dimensional, permitiendo el desarrollo de modelos flexibles, que no requiere arduas tareas de mantenimiento, entre otras.

Cuando se habla de impresoras 3D, continuamente se apunta a las diferentes tecnologías; pero si se enfoca a las impresoras FDM, existen variedad de tipos que buscan alcanzar distintos resultados, entre ellas se encuentran las impresoras cartesianas, polares, deltas y los brazos robóticos.



*Figura 24.* Impresión FDM. Adaptado de Impresoras3D.com

### **Impresoras 3D Polares.**

Estos dispositivos realizan la impresión 3D mediante coordenadas polares; se forman conjuntos de coordenadas que describen puntos en una cuadrícula circular que no están determinados por los ejes X, Y y Z, pero sí con ángulo y longitud; esto hace que la cama de impresión gire y la cabeza de impresión puede moverse hacia arriba, abajo, izquierda, y derecha, así mismo el extrusor puede moverse hacia abajo. (3D natives, 2017)

Dentro de las ventajas de esta impresora se encuentra que es compatible con PLA, ABS, Nylon e incluso madera; así mismo su volumen y tamaño de impresión es mayor a comparación de otras impresoras. Sin embargo, una ventaja a destacar es el funcionamiento con solo dos motores lo que implica un ahorro a largo plazo, teniendo en cuenta que la impresora cartesiana requiere un motor por cada eje, es decir, por lo menos tres. (3D natives., 2017)



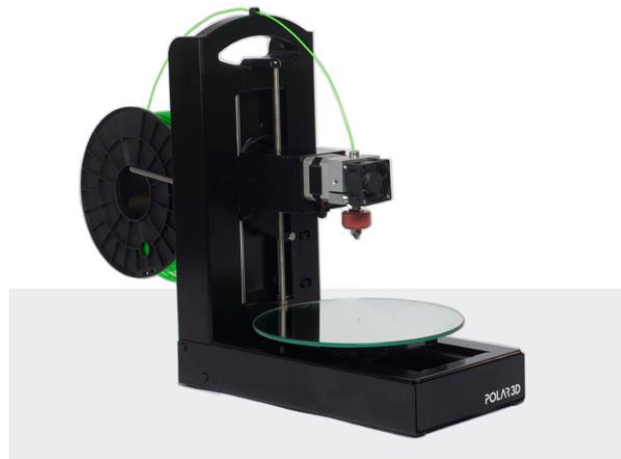
*Figura 25.* Impresora 3D Polar Delta Rostock mini G2S DIY. Adaptado de MeComBa.com

### **Impresoras 3D Delta.**

Es uno de los modelos con mayor popularidad; se caracteriza por la cama de impresión circular combinada con el extrusor que está fijado por encima con una distribución triangular, de allí su

nombre “Delta”; sus tres dispositivos se mueven de arriba hacia abajo, esto permite que el cabezal de impresión se mueva en tres dimensiones. (Sánchez, 2015)

El diseño de esta impresora se realizó con el objetivo de incrementar la velocidad en la impresión, con una cama de impresión sin movimiento, lo que puede ser útil en determinados proyectos.



*Figura 26.* Impresora 3D Delta. Adaptado de PrintingDatabase.org

### **Brazos Robóticos.**

Los brazos robóticos son utilizados comúnmente en la operación industrial, cuya función principal es el montaje de piezas de automóviles más no de filamentos de extrusión. La impresión con este modelo aún se encuentra en desarrollo en algunas compañías, como es el caso de las empresas de construcción. Pese a ello este método de impresión ha estado surgiendo, ya que no requiere de cama de impresión y tiene mayor movilidad; el extrusor es extremadamente flexible, abriendo la posibilidad de impresión de diseños más complejos; sin embargo, la calidad todavía

no se compara con una impresora cartesiana, muchas compañías trabajan en su desarrollo. (3D natives., 2017)



*Figura 27.* Impresora 3D Brazo Robot. Adaptado de FPVMax.com

La impresión se inicia con plástico calentado previamente, en seguida se introduce fibra de vidrio en el extrusor, durante la impresión una luz ultravioleta endurece la resina evitando la extrusión de material para soportes. Por ahora son impresiones a pequeña escala, sin embargo, los desarrolladores tienen el propósito de saltar grandes dimensiones y hacer que este modelo empiece a ser viable en el mundo de la construcción. (3D natives., 2017)

### Impresoras 3D Cartesianas.



*Figura 28.* Impresora 3D Cartesiana. Adaptado de Sánchez (2015). Impresoras 3D Cartesianas vs. impresoras 3D Delta. Disponible en: <http://diwo.bq.com/impresoras-3d-cartesianas-vs-delta/>

Esta impresora es la más común en el mercado, su nombre se debe al sistema de coordenadas dimensionales -el eje X, Y y Z- que permite determinar dónde y cómo moverse, siendo utilizados para determinar la correcta localización del cabezal de impresión y corregir la dirección del movimiento. (3D natives., 2017)

La impresión 3D es el método más usado en la actualidad en los laboratorios de fabricación digital FABLABS, siendo estos espacios experimentales los que proporcionan a emprendedores la oportunidad de construir diferentes proyectos, les ayuda a prever los posibles problemas y favorece el desarrollo de las capacidades necesarias para resolver y establecer nuevas soluciones en poco tiempo. (Fressoli & Smith, 2016)

**4.2.3.1 Historia y Evolución de las tecnologías aditivas:** La impresión 3D tiene partida en 1976 con la invención de la impresora de inyección de tinta; de allí la tecnología ha evolucionado para pasar de la impresión de tinta a la impresión con materiales. Este proceso ha tenido cambios importantes durante décadas en las diferentes ramas de la industria. (GTGC, 2016)

Todo inició en 1984, cuando Charles Hull ingenia el método de la estereolitografía (SLA), un proceso de impresión dirigido a maquetas para la prueba de prototipos antes de la fabricación en masa. En ese mismo año fundó 3DSystems, empresa líder en el mercado que facilitó el uso a nivel industrial de este proceso. Años después entre 1989 y 1990, S. Scott Crump, fundador también de Stratasys, desarrolló la técnica Fused Deposition Modeling (FDM), la cual consiste en la fabricación de objetos tridimensionales a través de la superposición de capas de material fundido, que posteriormente se solidifica con la forma deseada. Luego este proceso permitió una mayor expansión de la impresión 3D, disminuyendo costos y dando la posibilidad a pequeños usuarios y talleres no industriales de acceder a esta tecnología para fines propios. (Marcos, 2013)

En los años 90 gran parte de estas tecnologías se dirigen a nivel industrial, allí surgen proyectos paralelos, dentro de los cuales se destacan dos estudiantes del MIT, quienes diseñaron un modelo de impresión 3D basado en inyección modificando una impresora tradicional, al siguiente año los dos estudiantes fundaron la empresa ZCorporation, la cual fue adquirida en 2012 por 3DSystems. Desde ese momento la impresión 3D se convirtió en una revolución en el mercado mediante el proyecto RepRap, allí entra la comunidad Maker. En 2005 los precios de las impresoras eran elevados por lo que el Dr. Bowyer desarrolla la primera impresora 3D que imprime casi la totalidad de las partes que la conforman; en ese momento entra Open – source en la evolución de la impresión tridimensional; con base en el proyecto RepRap, surgen otros proyectos que aportan al desarrollo de esta tecnología y a su vez promueve el acercamiento a un mayor número de

comunidades. Makerbot, es uno de ellos; este proyecto crea una impresora que puede ser ensamblada por cualquier persona, como si se tratase de un mueble, fueron distribuidas 6000 unidades. (Marcos, 2013)

En 2006, se construye la primera máquina SLS (sintetización de laser selectivo), este modelo utiliza un láser para fundir materiales en el proceso de impresión, de allí la personalización masiva y la demanda de fabricación de piezas industriales, más adelante prótesis. En este mismo año Object (proveedor de materiales e impresoras 3D), fabrica una máquina que es capaz de imprimir en múltiples materiales. Así mismo en 2008 RepRap lanza a Darwin, la primera impresora 3D que imprime la mayoría de sus partes; adicionalmente Shapeways catapulta una página web privada que ofrece un servicio de co-creación a la comunidad, permitiendo que arquitectos y diseñadores faciliten sus diseños en 3D. De otra parte, surge un avance significativo en la ciencia con la impresión de la primera prótesis que es usada por una persona. (Escobar, 2013)

Industrias Makerbot (compañía de hardware de código de impresoras 3D), comienza en 2009 la comercialización de kits de montaje que permite a los compradores fabricar sus propias impresoras 3D, así como también sus propios productos. Además, en este año se crea la bio-impresión, gracias a la tecnología del Dr. Gabor Forgacs se imprimió el primer vaso sanguíneo. Durante el 2011, ingenieros de Southampton diseñaron y planearon el primer avión impreso en 3D, el cual fue construido en siete días; tras esta invención se imprime el primer automóvil en 3D llamado Kor Ecologic, el cual busca ser lo más eficiente posible con el medio ambiente. En este año MATEIRALISE es la primera empresa en ofrecer el servicio de impresión en oro de 14 kilates y plata, esto abre un nuevo mercado a los joyeros con un proceso más eficiente. Doctores e ingenieros holandeses en 2012 crearon una impresora que produce prótesis de mandíbulas personalizadas, haciendo la primera implantación a una mujer de 83 años de edad. (Escobar, 2013)

En la tabla relacionada a continuación se señalan algunos de los acontecimientos más notorios:

Tabla 5.

*Evolución de la Impresión 3D*

Año	Precursor	Acontecimiento
1984	Charles Hull	Inventa la estereolitografía (SLA)
1986	Charles Hull	Plantea el invento y crea la impresora 3D Systems
1987	Carl Deckard	Desarrolla el sinterizado selectivo por láser (SLS)
1988	Scott Crump	Inventa modelo por deposición fundida (FDM). 3D Systems comercializa su primera impresora
1989	Scott Crump	-Se le concede patente de SLS, y funda Stratasys.
1989	Hans Langer	-Funda EOS GmbH
1990	EOS	Vende su primer sistema de “sterEOS”
1992	Stratasys	Plantea su tecnología de FDM
1993	MIT	Desarrolla la impresión 3D por inyección
1995	Z Corporation	Obtiene licencia de la 3DP
1996	Z Corporation	Vende su primera impresora basada en la tecnología 3DP.
1997	ARCAM	Se establece como empresa
1998	Stratasys	Se crea Objet Geometries
1999	Ins. Medicina Un.Wake Forrest	Implanta en humanos los primeros órganos modificados por medio de implantes arteriales impresos en 3D y cubiertos con células del paciente.

Tabla 5. *Continuación*

Año	Precursor	Acontecimiento
2000	MCP Technologies	Introduce la Tecnología de Fusión selectiva por láser (SLM)
2002	Ins. Medicina Un.Wake Forrest	-Imprime el primer órgano en 3D: Un riñón completamente funcional.
2002	Envision Tec.	-Se Funda
2005	-Z Corporation	-Lanza primer equipo de impresión 3D, capaz de trabajar en color a alta definición
2005	-Dr. Adrian Bowyer	-Funda RepRap, una iniciativa para crear una impresora 3D, que pudiera imprimir sus propias partes.
2005	-Stratasys	-Lanza servicio de Rapid Prototyping & 3D.
2006	-Objet	-Crea una máquina capaz de imprimir en varios materiales.
2006	-Universidad Cornell	-Ofrece primera impresora 3D de código abierto (más tarde conocido como Open Source Hardware)
2007	-Phillips Research Lab – Peter Weijmarshausen	Crean Shapeways
2008	-Proyecto Rep Rap	Lanza “Darwin” la primera impresora auto – replicante que puede imprimir la mayoría de sus componentes
2009	-Proyecto Rep Rap	Sale al mercado la primera impresora 3D comercializada en forma de kit.

Tabla 5. *Continuación*

Año	Precursor	Acontecimiento
2010	-Kor Ecologic	-Presenta automóvil capaz de contar con la totalidad de su armazón impreso en 3D.
2010	-Organovo Inc.(Empresa de medicina regenerativa)	-Se centra en tecnología de bioprinting, anunciando la publicación de datos sobre los primeros vasos sanguíneos completamente bioimpresos
2011	-Universidad de Exeter	-Adaptan el sistema Inkjet para la creación de objetos en chocolate.
2011	-Universidad de Brunel	
2011	-Desarrollador de software Delcam	
2011	-Universidad de Comell	-Construye impresora 3D para alimentos.
2012	-Systems	-Adquiere Z Corporation y Vidar Systems
2012	-LayerWise	-Realiza el primer implante de mandíbula inferior 3D
2012	-Universidad Tecnológica de Viena	-Anuncia “Litografía de dos Fotones”
2013	-Defense Distributed	-Lanza “The libertador”, la primera arma de fuego impresa en 3D.
2013	-Roboland	-Crea la primera prótesis de mano
2013	-NASA	-Otorga una beca a Systems & Materials Research Corporation para desarrollar una impresora 3D de alimentos.

Tabla 5. *Continuación*

Año	Precursor	Acontecimiento
2014	-Stan more implants	-Fabrica un modelo a medida de una pelvis en 3D
2014	-Organovo inc.	-Realiza la primera venta de tejidos humanos bioimpresos.
2014	-Grace Choi	-Revela la primera impresora 3D de maquillaje
2014	-NASA	-Envia a la ISS "ZeroG" la primera impresora 3D capaz de crear objetos en ausencia de Gravedad.

Nota: Adaptado de Conde (2016). Centro de Análisis y Prospectiva Gabinete Técnico de la Guardia Civil. Impresora 3D

Actualmente las principales industrias donde se emplea la impresión 3D son automotriz, aviación, manufactureras, salud, entre otras. La impresión 3D se ha popularizado en los últimos años gracias al fácil acceso y uso, además comparado con otras tecnologías de fabricación aditiva, este proceso es más económico.

**4.2.3.2 Causas de la propagación de Impresión 3D:** La impresión 3D se ha divulgado durante los últimos cinco años por diferentes causas; entre ellas está la disposición de nuevos materiales con mayores funcionalidades; así mismo con el vencimiento de algunas patentes que protegían algunas tecnologías de fabricación aditiva se facilitó la entrada al mercado de universidades y empresas pequeñas. De otra parte, el marketing hace parte también de las causas, ya que las empresas promotoras de este proceso han fortalecido sus estrategias de mercadeo a nivel global. (Fontrodona & Blanco, 2014)

(Vazhnov, Andrei, 2013) concluye que el uso mundial de las impresoras 3D, puede realizar un gran aporte a la solución de la crisis ambiental actual; tanto en el uso de materia prima como en la utilización de energía; en cuanto al proceso de reciclaje de los productos impresos en 3D es más

eficiente ambientalmente. Además, con la mejora de los servicios de impresión 3D, es fácil reemplazar partes dañadas que permiten extender el uso de los productos ya comprados.

**4.2.3.3 Aplicaciones de la Impresión 3D:** El uso de las impresoras 3D en diversos campos se ha convertido en un proceso actual muy importante, en este aparte se mencionan diferentes áreas en las que se utiliza esta impresión y los aportes dados a cada una.

- **Automoción:** La impresión 3D, facilita la fabricación de piezas de vehículos e incluso carros completos. Algunas empresas se han dedicado a demostrar la viabilidad de usar la impresión 3D respecto a pequeñas piezas y aún más complejas. Additive Manufacturing and Rapid Prototyping 3T RPD\*\* ha logrado imprimir una caja de cambios para autos de competencia más ligera. (GTGC, 2016)

- **Alimentación:** Casi cualquier cosa que pueda existir líquida o en polvo puede ser impresa en 3D; lo que incluye queso, azúcar, salsas (GTGC, 2016). Por medio de impresión 3D la industria alimentaria podrá realizar moldes para diversos embalajes en diferentes tipos de alimentos. (SCULPTEO, s.f.)

- **Medicina:** las impresiones 3D ofrecen soluciones médicas más personalizadas para cada paciente. Cualquier órgano de tejido blando, como una oreja, dedo o riñón se pueden fabricar por impresora 3D a la medida del paciente; adicionalmente se han elaborado implantes metálicos,

---

\*\* 3T RPD fue fundada en 1999 en Newbury, Berkshire, se ha convertido en un proveedor líder de servicios de fabricación Aditiva (AM) utilizando como materia prima plástico y metal en todo el Reino Unido y Europa.

implantes de cadera, de cráneo, plantillas ortopédicas, aparatos ortopédicos corporales y trasplantes de mandíbula. (GTGC, 2016)

- **Defensa:** Gran parte de la maquinaria militar es complicada y se produce en volúmenes relativamente bajos; muchas de las piezas encargadas requieren de recambios constantemente debido a su durabilidad. De allí la posibilidad de realizar una producción masiva de piezas de este tipo mediante la impresión 3D. (GTGC, 2016)

- **Aeroespacial:** En esta área la impresión 3D es utilizada para producir componentes que hacen parte de la fabricación de aeronaves. Adicionalmente esta tecnología acelera la elaboración de piezas para la Estación Espacial Internacional; así mismo un grupo de veteranos de la NASA, lanzaron al espacio la primera impresora 3D, con el objetivo de fabricar piezas en gravedad cero y la esperanza de hacer misiones espaciales más autosuficientes. (GTGC, 2016)

- **Educación:** A través de un plan crowdfunded MarketBot se propone conseguir una impresora 3D en todas las escuelas de América; además, también anuncio un plan para transformar los colegios y universidades en centros de innovación, el objetivo es equipar los centros educativos tanto con impresoras como con scanner para incentivar la formación de ingenieros, arquitectos y artistas en invenciones. (GTGC, 2016)

- **Arte:** Hoy día las impresoras 3D son utilizadas para elaborar nuevos conceptos de arte moderno, además también es posible recrear piezas que no son de fácil acceso a las personas del

mundo, esto apoya a los museos ya que permite la interacción con los visitantes, brindando una mejor interpretación de las obras de arte o diseños de esculturas. (GTGC, 2016)

- **Arquitectura:** La impresión 3D ha facilitado y acelerado el desarrollo de prototipos a escala de construcciones; sin embargo, esta tecnología pretende avanzar aún más, pues en 2014 se fabrica la primera casa en 3D, para lo cual se usó una versión gigante de impresora. (GTGC, 2016)

**4.2.3.4 Tendencias de la Impresión 3D:** El informe global de EY's 2016 sobre la impresión 3D, según encuesta realizada a diversas empresas de países como Estados Unidos, Alemania, Austria, Francia, Bélgica, Suecia, Dinamarca, China y Corea del Sur, determina que industrias como manufactura, logística, energía, entre otros ven la impresión 3D como un factor tecnológico que influye fuertemente en el negocio, los ejecutivos encuestados dicen que esta tecnología es un tema estratégico y muy importante para el desarrollo de su compañía. Los resultados arrojan que el 24% de las empresas encuestadas ya tienen experiencia en la impresión 3D y otro 12% está considerando adoptarla (EY's, 2016).

Las empresas con experiencia en impresión 3D se encuentran en diferentes niveles de madurez, mientras que otras están comenzando a experimentar con impresión 3D, integrando en las operaciones de ciertos departamentos, y otros, ya tienen una clara visión de cómo la tecnología podría traerles ventajas competitivas y lo que genera una clara estrategia para el logro de los objetivos trazados; dentro de estas empresas se encuentran aquellas dedicadas a fabricar mediante la impresión 3D para prototipado rápido y la producción de mayor rendimiento (EY's, 2016).

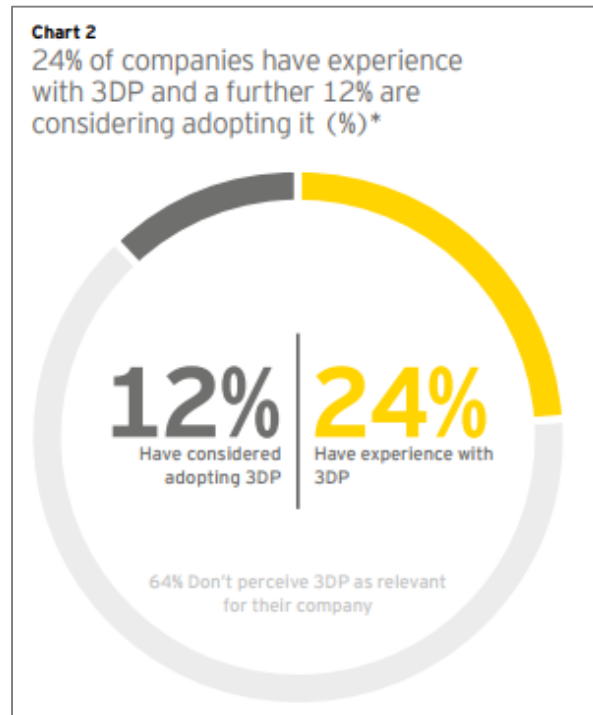


Figura 29. Resultados Encuesta EY's. Adaptado de EY's, G. 3. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/\\$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf)

Los desarrollos en la última década han preparado el camino para el esparcimiento de la impresión 3D más allá de la creación de prototipos. Adelantos tecnológicos que permiten la fabricación de productos de alta calidad y matriz de nuevos ingredientes, de metales, cerámica al material orgánico, han alentado a las empresas a considerar partes impresas en 3D dentro de sus productos. Ahora muchos están haciendo uso de esta oportunidad, según la encuesta EY se evidencia que una de cada tres empresas con la experiencia de impresión 3D ya está aplicando esta tecnología para la fabricación directa, mientras que 20% están realmente produciendo el uso final de impresión 3D en componentes o productos. Son principalmente empresas de plásticos, automotriz, aeroespacial, industrias médicas y farmacéuticas (EY's, 2016).

Las empresas chinas y surcoreanas son las más proactivas en la aplicación de esta tecnología para el uso final de producción; una de cada dos espera hacer uso de la fabricación aditiva en sus productos a 2021. En China esta tendencia es promovida por el impulso para encontrar nuevas formas de mantener la posición del país como líder mundial de fabricación; los gobiernos de ambos países apoyan el desarrollo de esta tecnología y se enfocan en ser líderes en impresión 3D, viéndolo como una oportunidad de ganar ventaja competitiva (EY's, 2016).

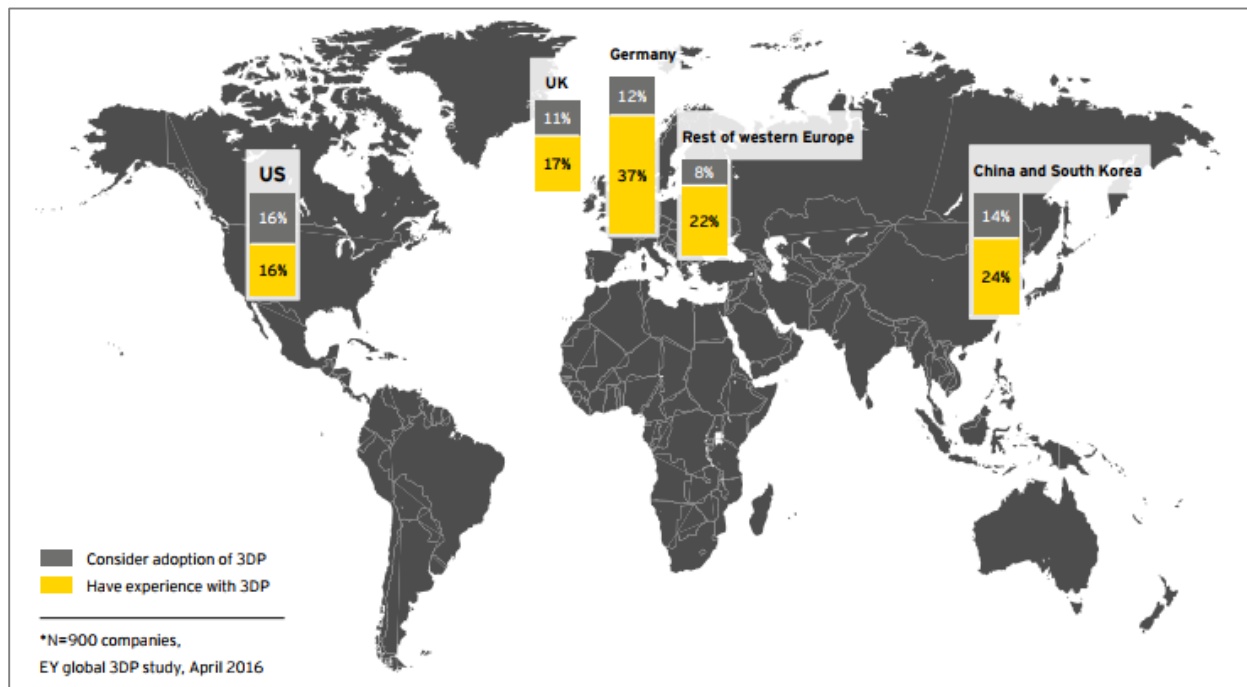
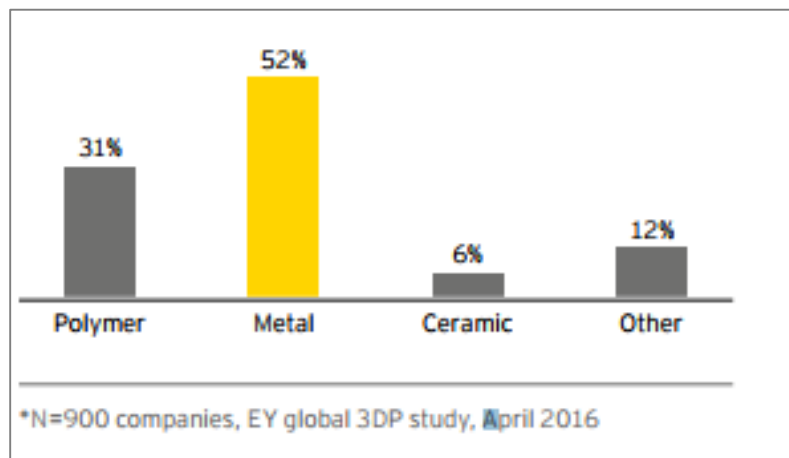


Figura 30. Porcentaje de aceptación actual y prevista de 3DP entre países. Adaptado de EY's, G. 3. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/\\$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf)

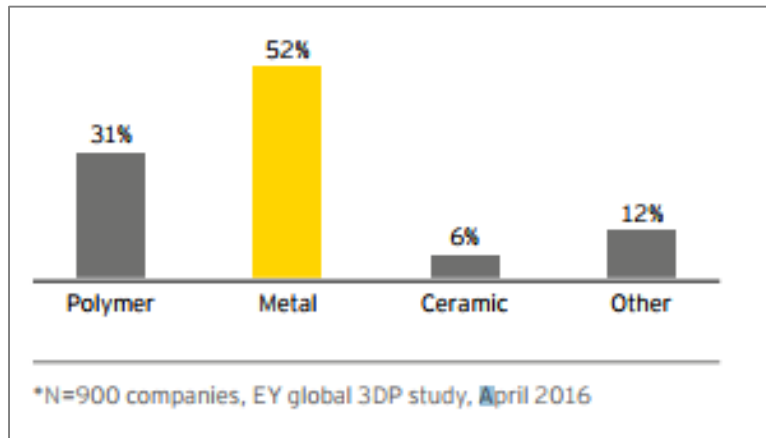
#### 4.2.3.5 Tecnologías, Materiales y el Resolución.

##### Tecnologías



*Figura 31.* Demanda Materiales impresión 3D. Adaptado de EY's, G. 3DP. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/\\$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf)

Existen diferentes gamas de materiales imprimibles en 3D, entre ellos plásticos, cerámicas, material orgánico, alimentos y células vivas; lo cual denota que hay muchos tipos de sistemas de impresión, y es aplicado de acuerdo a las necesidades de las empresas.

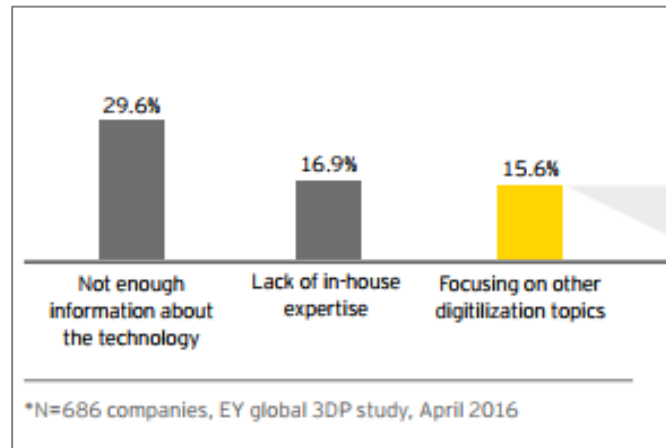


*Figura 32.* Materiales impresión 3D utilizados. Adaptado de EY's, G. 3DP. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/\\$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf)

### **¿Por qué no se ha masificado la Tendencia de Impresión 3D?**

Hay varias razones por las cuales algunas empresas no han considerado la implementación de la impresión 3D en la producción de sus productos, entre ellas, el conocimiento limitado sobre tecnología y como consecuencia una escasez de habilidades. La falta de información es un inconveniente común, casi un tercio de los gerentes afirman que no hay suficiente información sobre los avances tecnológicos. (EY's, 2016)

La siguiente grafica muestra que el 29,6% de los empresarios encuestados manifiestan que no poseen información sobre la tecnología, el 16,9% indica la falta interna de experiencia, y el 15,6% infiere que se encuentran enfocados en otros temas de digitalización.

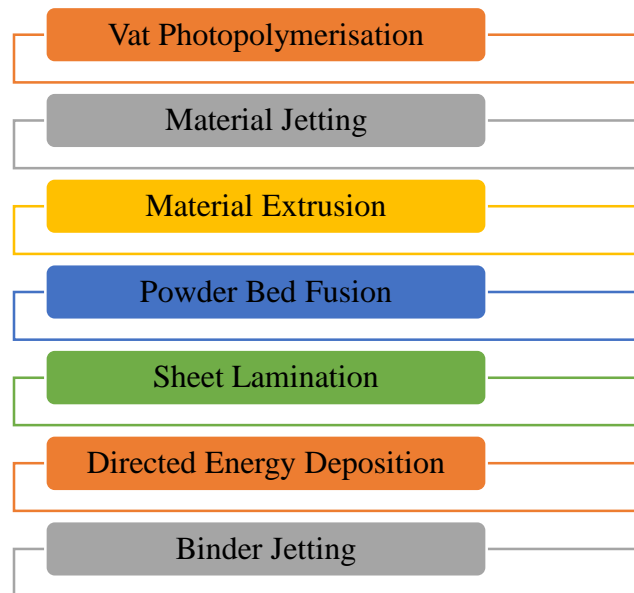


*Figura 33.* Información Avances Tecnológicos. Adaptado de EY's, G. 3. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/\\$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe/$FILE/ey-EY-s-2016-attractiveness-survey-europe.pdf)

### **Materiales para la impresión 3D.**

Las impresoras 3D trabajan con diversos materiales (más de 200), desde productos orgánicos como la cera, células, tejidos, alimentos; hasta metales como el aluminio, titanio, acero inoxidable; además de materiales cerámicos tales como el grafito, zirconio; y, polímeros, entre ellos, ABS, poliamida, policarbonato. Existen máquinas capaces de combinar materiales, lo que puede hacer un objeto rígido por un lado y blando por el otro. La máquina que fue creada y patentada por Chuck Hull, trabajaba usando un láser ultravioleta que solidificaba una fina capa de resina, y hacia este proceso capa sobre capa creando un objeto en tres dimensiones. Desde ese entonces han surgido otras formas de impresión; sin embargo, todas trabajan con un proceso aditivo de capa por capa. (Fontrodona & Blanco, 2014)

Los procesos pueden ser clasificados según el material que utilizan, así como también por la técnica de deposición o por la forma en que el material se funde o solidifica (Fontrodona & Blanco, 2014), los procesos se han categorizado en siete áreas:

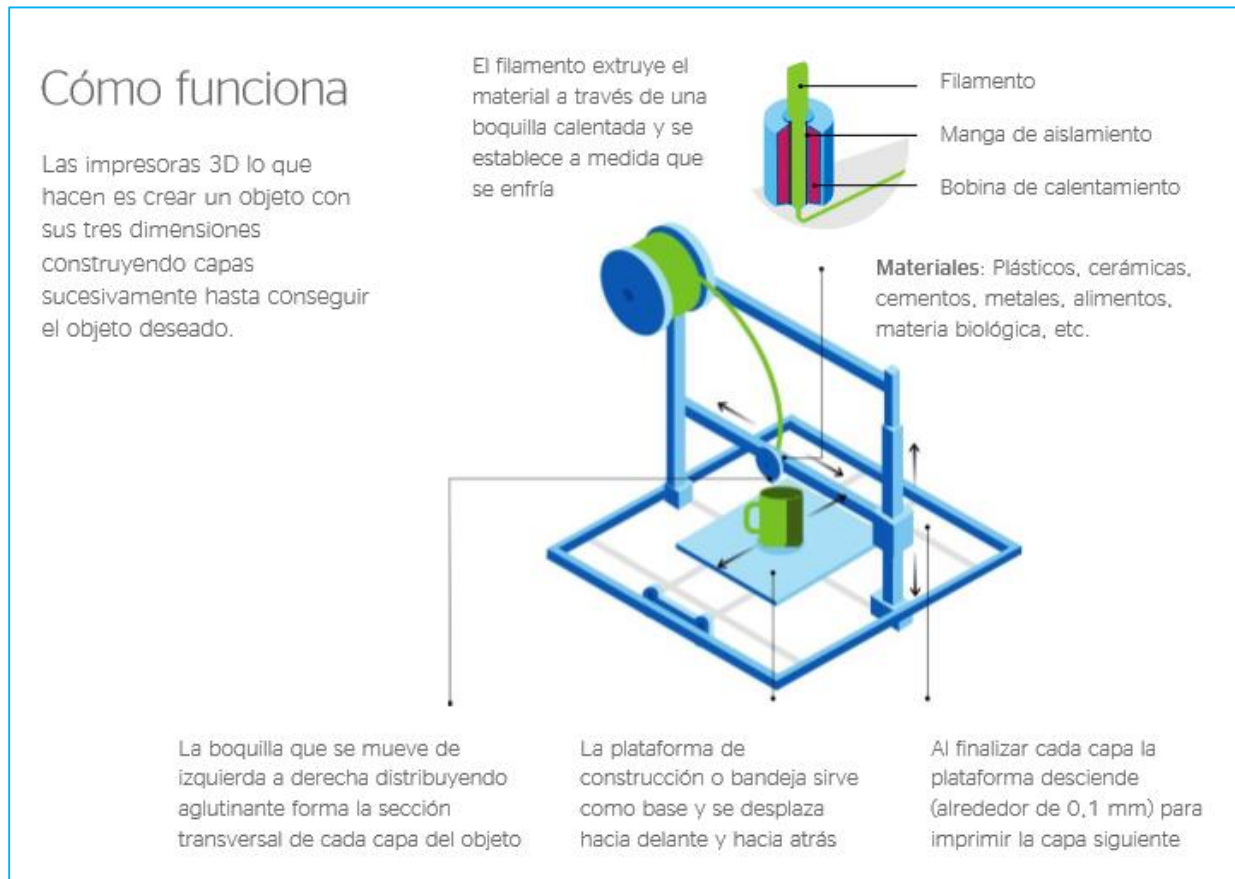


*Figura 34.* Procesos de Impresión 3D. Adaptado de Fontrodona, J., & Blanco, R. (2014). Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. Generalitat de Catalunya.

### **Tamaño y Resolución de Impresión 3D.**

Impresoras de bajo costo (inferior a USD 5000) por lo general manejan un área de impresión entre 10 y 25 cm, como es el caso del modelo Makerbot Replicator que cuesta aproximadamente USD 2.000, cuyas dimensiones de 22,4 x 14,5 x 15cm con un volumen de cámara de impresión de 5 litros. Con estas proporciones es posible imprimir algunos tipos de repuestos plásticos, juguetes, miniaturas y partes para los proyectos personales; sin embargo no alcanzaría para diferentes propósitos, que son ejecutados por impresoras de uso industrial con cámaras de impresión más

grandes, afirma (Vazhnov, s.f.). Respecto a la resolución de impresión 3D es de 0.1 mm, aunque algunas impresoras industriales llegan a una resolución de 16 micrones<sup>\*\*\*</sup> (0, 016 mm).



*Figura 35.* Proceso Impresión 3D. Adaptado de Reyes, F. (2017). Telecomunicaciones: Mercados y tecnologías. Disponible en: <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2017/04/impresion-3d-revoluciona-la-industria.html>.

<sup>\*\*\*</sup> Unidad de medida en el sistema métrico que es igual a una millonésima de metro de largo. Las cosas que sólo miden pocos micrones pueden percibirse visualmente solamente si se utiliza un microscopio. Para poder ver alguna cosa, sin la ayuda del microscopio, ésta debe medir por lo menos diez micrones. Un cabello humano mide cien micrones de diámetro, por eso se puede ver; pero una bacteria, que tiene una longitud de hasta 5 micrones, nos es invisible para el ojo humano, sin un instrumento que la amplíe varias veces en su tamaño. (Baldwin Filters, 2014)

### **Grado de Control Sobre el Color y Material para la Impresión 3D.**

De acuerdo con la investigación de (Vazhnov, s.f.), las impresoras de bajo costo imprimen a un solo color, algunas permiten intercambiar el color de una impresión a otra, reemplazando el material; algunas de alta gama permiten la impresión en miles de colores dentro de la misma impresión, el costo es más elevado. Sucede lo mismo con el material, algunas impresoras permiten la impresión en distintos materiales de una impresión a otra, y existen impresoras con cabezales múltiples que imprimen en distintos materiales a la vez.

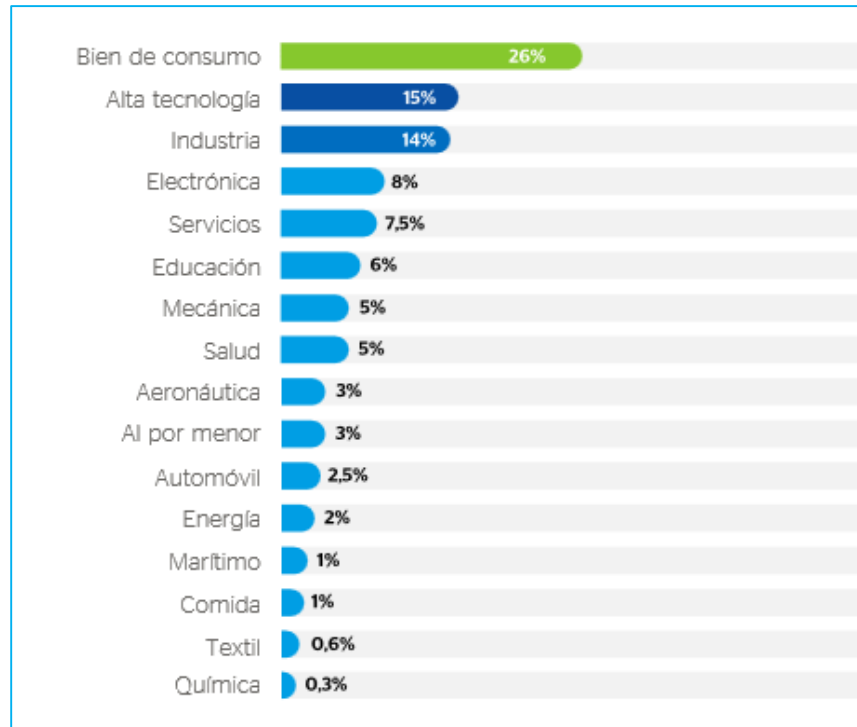
#### ***4.2.3.6. Principales usos de la Impresión 3D.***

**Prototipado:** La impresión 3D optimiza los procesos de prototipado, ya que en comparación con las maquetas hechas a mano o las tecnologías tradicionales, se hace mucho más fácil tener un modelo en tercera dimensión y que además representa adecuadamente el producto final para apoyar en la elección de alternativas de diseño; de esta manera se reducen los costos de desarrollo que se pueden convertir en ahorros significativos. De otra parte, brinda al diseñador la habilidad de explorar aún más y obtener como resultado, productos más creativos. (Vazhnov, s.f.)

**Fabricación de productos terminados:** A través de la impresión 3D, es posible realizar la producción de geometrías complejas, transporte digital, personalización, producción de piezas ya ensambladas, uso de insumos más económicos, entre otras. Estas características de desempeño son atractivas, tanto para producción masiva como para usos más especializados. (Vazhnov, s.f.)

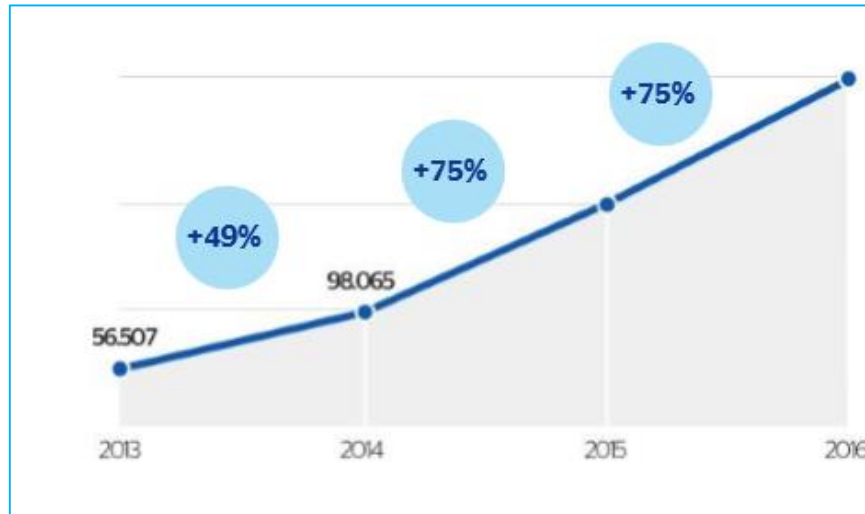
**Moldes de Producción:** Con la impresión 3D, el tiempo de fabricación de moldes se reduce significativamente, ya que la impresora imprime moldes en cuestión de algunas horas. Esto permite llevar productos desde su idea hasta la producción masiva en mucho menos tiempo. (Vazhnov, s.f.)

La siguiente Figura evidencia que el uso de la impresión 3D se encuentra en mayor proporción como bien de consumo seguido de tecnología e industria. Así mismo se refleja el bajo porcentaje de uso en educación (6%).



*Figura 36.* Impresión 3D por sector de Mercado. Adaptado de Reyes, F. (2017). Telecomunicaciones: Mercados y tecnologías. Disponible en: <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2017/04/impresion-3d-revoluciona-la-industria.html>.

Respecto a la tendencia de la producción de impresoras 3D, se evidencia un crecimiento significativo desde 2013 a 2016.



*Figura 37.* Evolución Producción Impresoras 3D. Adaptado de Reyes, F. (2017). Telecomunicaciones: Mercados y tecnologías. Disponible en: <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2017/04/impresion-3d-revoluciona-la-industria.html>.

**4.2.3.7. Escáner para Impresión 3D:** La historia del escáner 3D\* es anterior a la impresión 3D, la digitalización de las imágenes comenzó en los años 70 con la llegada de la tecnología de triangulación láser, a partir de ahí ha sido un gran aliado de las tecnologías 3D. Para poder obtener un modelo 3D lo primero que se requiere de una imagen digital, con la opción de diseñarlo o de escanear el objeto, persona o pieza de cualquier sector específico. (3Dnatives, 2016)

---

\* Es un dispositivo que toma datos de un objeto cualquiera y lo convierte en un modelo 3D en aproximadamente 12 minutos y puede ser impreso. Normalmente dividen el objeto en muchos puntos pequeños y, guardando datos de la ubicación de cada uno, crean el objeto 3D.

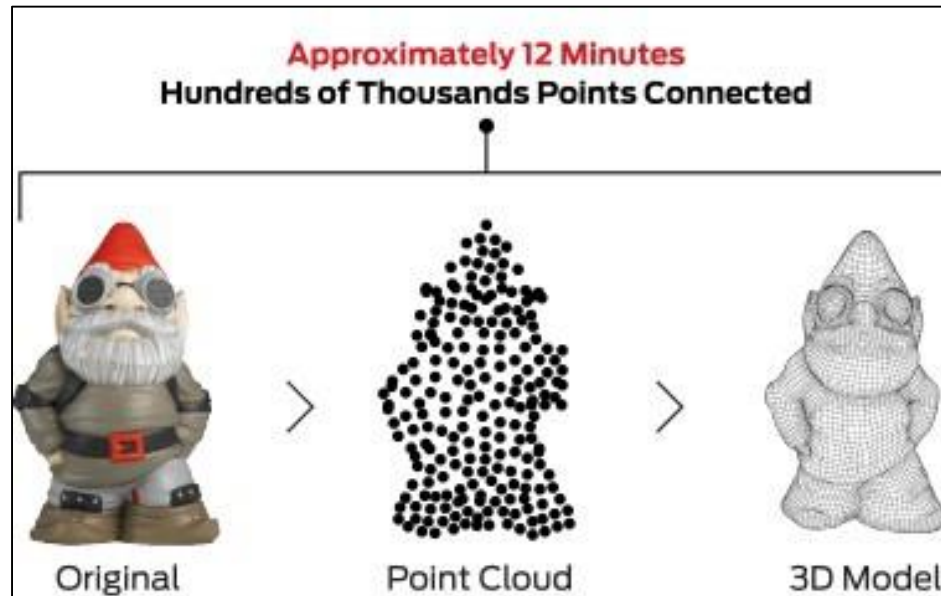


Figura 38. Proceso de Escaneado. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

A continuación, se relacionan diez modelos de scanner con las respectivas características:

### Microsoft Kinect

Fue creado inicialmente para la consola Xbox de Microsoft, este accesorio ha sido hackeado por la comunidad maker con el objetivo de explorar objetos en 3D a color, utiliza un sensor de infrarrojos y una cámara RGB 640x480 pixeles, para ser activado se requieren de varios softwares. (3Dnatives, 2016)



*Figura 39.* Microsoft Kinect. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Obtenido de 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **XYZScan**

La empresa XYZ printing ha incorporado su primer escáner 3D en 2015, este fue desarrollado en colaboración con el chip Intel y cuenta con tecnología RealSense™, que facilita compartir y escanear también desde un smartphone. Este permite una amplia distancia de escaneo, gran precisión y confiabilidad, es el primer escáner capaz de capturar objetos con un volumen que va desde 10 cm<sup>3</sup> a un máximo de 200 cm<sup>3</sup>, a una distancia de 30 a 150 cm. (XYZPrinting, 2017)



*Figura 40.* Scan XYZprinting. Adaptado de XyZ Printing. Disponible en: <https://www.xyzprinting.com/en-GB/product/3d-scanner-pro>

### **Ciclop BQ**

El Ciclop BQ es de la marca española BQ, es un escáner 3D de código abierto, maneja el software libre-Horus, esto se refiere a que todos los planos posibles de impresión sean accesibles en línea a todo el mundo. Además de toda la información acerca de la electrónica, el diseño y los algoritmos del escáner. (3Dnatives, 2016)

Este escáner se basa en la técnica de triangulación láser. El objeto se irradia con un láser y se observa al mismo tiempo por una cámara. Las diferentes distancias se pueden medir mediante la distorsión del láser y por medio de cálculos angulares para obtener la reproducción del objeto. (HARDWARE LIBRE, 2017)



*Figura 41.* Ciclop BQ. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **Structure Sensor**

Este escáner tiene la función de ser configurado directamente en Tablets y Smartphone marca Apple, posterior a la descarga de la aplicación con la que es posible escanear modelos en 3D. El Structure Sensor permite el escaneo de objetos y personas, mapas tridimensionales de espacios interiores y experiencias de realidad mixta donde la fantasía se vuelve imposible de distinguir de

la realidad. (Structure, 2017) El Structure Sensor cuenta con una batería cuya duración son cuatro horas, sus dimensiones son 119,2 \* 28 \* 29 mm y pesa 95 gramos, con una precisión de 0.5 mm.



*Figura 42.* Structure Sensor. Adaptado de Structure. Disponible en: <https://structure.io/>

### **Matter Form**

Fabricado por la empresa canadiense Matter and Form, tiene dos láseres y puede escanear objetos con una altura máxima de 25cm y un diámetro de 18 cm con un peso límite de 3 kg. Utiliza un sensor CMOS HD\*\* y viene con un cable USB. La captura de las imágenes son alta resolución e increíbles (MatterandForm, 2018). La precisión del escáner es de un mínimo de 0,43 mm, compatible con Windows e iOS. (3Dnatives, 2016)

---

\*\* Es un sensor que detecta la luz basado en tecnología CMOS y por ello más conocido como Sensor CMOS. Por su tecnología CMOS es posible integrar más funciones en un chip sensor, como por ejemplo control de luminosidad, corrector de contraste, o un conversor analógico-digital.



*Figura 43.* Escáner Matter Form. Adaptado de 3D Prima.com

### **Cubify Sense**

Fue desarrollado por la empresa 3D Systems, actualmente es uno de los escáneres de bajo costo más populares en el mercado. Puede analizar objetos de grandes volúmenes que van desde 200 x 200 x 200 mm a 2m<sup>3</sup>. Este escáner es portátil mide 178 x 129 x 330 mm y ofrece una precisión de 0,90 mm. Funciona a través de la tecnología de luz estructurada y viene con el software 3D Sense. (3Dnatives, 2016)



*Figura 44.* Cubify Sense. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **David Starter kit V2**

Se complementa con el paquete de software DAVID-4, La tecnología de escaneo es triangulación láser, lo que permite escanear todos los lados por separado, el software semiautomático fusiona los análisis para crear un patrón de textura. (3Dnatives, 2016)



*Figura 45.* Escaner David Starter kit V2. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **Einscan- S**

Escáner de gama media desarrollado por la compañía china Shining 3D llegó al mercado gracias a una campaña de kickstarter. Utiliza la tecnología de luz estructurada y tiene dos cámaras para poder capturar a 360°, tiene también una plataforma giratoria. El escáner ofrece dos tipos de escaneo: la búsqueda automática y la exploración libre. El primero es colocar el objeto que se desea sobre la plataforma y escanearlo directamente, en menos de 3 minutos la máquina obtendrá el objeto con una precisión de 0,1mm. Pero no es lo recomendado para un modelo mucho más grande, en este caso lo mejor es utilizar el segundo método, se trabaja haciendo girar el escáner alrededor del objeto o individuo. (3Dnatives, 2016)



*Figura 46.* Escáner Einscan- S. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **Makerbot Digitizer**

Es uno de los primeros escáneres 3D que se han creado, fue diseñado por el equipo de MakerBot, se basa en un método de triangulación láser y una de sus principales características es que incluye un sensor CMOS de 1,3 megapíxeles. Es un escáner fijo equipado con una placa

giratoria que proporciona una precisión de exploración del orden de 0,5 mm. Para tener un modelo 3D completo el escáner debe revisar el objeto desde diferentes ángulos. En el Makerbot Digitizer, por ejemplo, se coloca el objeto sobre una superficie que gira y se hace solo. (3Dnatives, 2016)



*Figura 47.* Makerbot Digitizer. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

### **Scanify Fuel 3D**

Este escáner se desarrolló por la marca Fuel3D, tiene un doble láser, cámara pre-calibrada que puede capturar imágenes en 3D en tan solo un décimo de segundo con una cámara normal. Con detalles de hasta 0,25mm, lo cual la hace ideal para rostros humanos, texturas de tela o elementos naturales. (3Dnatives, 2016)



*Figura 48.* Escáner Scanify Fuel 3D. Adaptado de 3Dnatives. (31 de 2016). 3Dnatives sitio web de la impresión 3D. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/top-10-escaneres-3d-low-cost-19102016/>

**4.2.4. Impacto de las Tecnologías 3D.** El uso de tecnologías ha generado el desarrollo en diferentes entornos del desarrollo de los países tanto desarrollados como en vía de desarrollo, a continuación, se expondrán algunos aspectos relevantes:

**4.2.4.1 Impacto social y económico:** Para la revisión del impacto social y económico de las tecnologías 3D, se tendrá en cuenta los aportes frente a las tecnologías aditivas o Impresión 3D por la importancia en la evolución en el desarrollo de industrias pequeñas que producen piezas, omitiendo la importación o innecesaria acumulación de productos. Un ejemplo dado por Papagni (2015) es lo sucedido en España, donde el empleo de este sector se duplicó en el último año, y se prevé que continuará creciendo exponencialmente por la creación de más empresas dedicadas a la impresión 3D.

Universidades y escuelas son los mejores centros de cultura digital 3D, ya que la capacitación y el trabajo en equipo generan resultados de alto impacto, por ello es importante fomentar en estos lugares el desarrollo de esta actividad para disminuir sustancialmente la brecha digital y superar procesos amplios y participativos que le aporten valor y que los convierta en algo más que conciudadanos (Papagni, 2015). Entonces la comunidad se convierte en el territorio más adecuado para la innovación, liderazgo, y para el desarrollo de las personas en general; con la democratización del uso de impresoras 3D es muy probable evidenciar incrementos en la productividad, inclusión social y participación ciudadana.

**4.2.4.2. Impacto Ambiental de la Impresión 3D:** El impacto ambiental de la impresión en 3D, es un tema que no deja de ser relevante, pues es un método de manufactura que protege cada vez más el medio ambiente, de allí que la impresión 3D sea una Revolución Industrial con base en los mismos puntos; la escala de producción, los materiales, y el ciclo de vida de los productos fabricados. Las impresoras 3D pueden ofrecer diversas ventajas ambientales; al reproducir objetos según las necesidades concretas de los usuarios, se reduce la producción masiva, y, con ello, la sobreexplotación de materias primas y la generación de residuos. Sin necesidad de un nuevo cambio de modelo, el diseño y la producción industrial pueden reducir su impacto ambiental. Los prototipos se pueden imprimir en poco tiempo sin esperar meses y hallar mejor el producto final, se pueden utilizar menos procesos y recursos, hacer productos más ligeros y modulares, realizar lotes a demanda sin acumular productos que luego acaben en la basura, entre otros. (Fernandez, 2015)

**4.2.4.3. Impacto Industrial con la Impresión 3D:** Es relevante, analizar y reflexionar acerca de algunas implicaciones que podría tener el avance de la impresión 3D sobre los modelos de comercio globales beneficiando el comercio internacional de diseños y de bienes digitales en detrimento del intercambio de bienes físicos, que perderían relevancia en el sistema internacional de transporte y logística de mercancías, reduciendo los costos y esperas en las aduanas. El incremento en la demanda de nuevos materiales es una enorme oportunidad para los países en condiciones de ofrecerlos. Al ubicarse cerca o en el propio hogar de los consumidores y ser menos intensiva en empleo, la impresión 3D podría deteriorar las bases de especialización en manufacturas, especialmente aquella basada en salarios bajos, como el caso de China y otros países asiáticos o México y Centroamérica en la región. En cambio, fomentaría la internacionalización de empresas pequeñas y emprendedores enfocados en el diseño de productos. Un ejemplo de ello podría ser la industria del juguete, donde la impresión 3D tiene un enorme potencial, a través de la co-creación y personalización y utilizando un material simple como el plástico. Implica varios desafíos para el sistema de comercio, desde su medición, la asignación de derechos de propiedad, hasta asegurar la calidad de los productos a través de ciertos estándares técnicos, sanitarios, etc. (Campos & Gaya, 2015)

Las prácticas con la impresión 3D muestran que tiene el potencial de generar soluciones innovadoras y personalizadas a escala global y para la región. Aun sin considerar una visión exageradamente optimista, para los países de América Latina, constituye una oportunidad para mejorar la inserción en las cadenas globales de valor a través del diseño de bienes. En este sentido, aprovechando los caminos recorridos por empresas privadas y políticas públicas sería importante continuar promoviendo el desarrollo de esta tecnología y su apropiación por parte de

emprendedores y empresas de menor tamaño relativo, considerando también los aspectos regulatorios para contener posibles riesgos y efectos negativos. (Campos & Gaya, 2015)

**4.2.4.4. Impacto en la educación de la Impresión 3D:** Las aplicaciones de las impresoras 3D en las escuelas y universidades son infinitas. Estudiantes de diseño que pueden repetir y probar prototipos de nuevos productos, o clases de matemática en las que se pueden llevar superficies y cuerpos desde las ecuaciones a la realidad. Otras áreas serían: artistas que diseñan y crean sus esculturas, geólogos que pueden modelar un terreno en 3D, clases de química o biología en donde se puedan imprimir en 3D células, átomos, corazones o esqueletos. (Tenuta, 2014)

En carreras como ingeniería y diseño, resulta todavía más evidente y fácil la inserción de esta tecnología, dado que las impresoras 3D en la educación se focalizaron en las asignaturas relacionadas con Ciencia, Tecnología, Optimización de Procesos y Matemática. (Manzanasy3D, 2015)

**4.2.5. Colombia, Impresión 3D en Materia de Educación.** En Colombia ya existen empresas dedicadas a la fabricación de impresoras 3D, así como también a fabricar productos; sin embargo, el mercado de esta tecnología está enmarcado principalmente en ingenieros y arquitectos, las personas del común todavía desconocen el concepto de impresión 3D, afirma (Semana, 2011).

En corto tiempo esta tecnología hará parte de los hogares, siendo un electrodoméstico común y corriente, esto afirma Daniel Campbell, director de diseño de la empresa barranquillera Creadores 3D; por lo que es necesario establecer nuevos escenarios que promuevan las innovaciones tecnológicas. Una de las fortalezas competitivas de las diferentes compañías es la diversificación

de conocimiento tecnológico y el compromiso que tengan con la innovación científica y tecnológica.

Se ha demostrado que la impresión 3D, es un recurso que promueve el desarrollo de competencias en razonamiento espacial, resolución de inconvenientes, creación de procesos de pensamiento, comunicación, innovación y tecnología; de allí la importancia de impulsar el desarrollo de esta tecnología en la educación colombiana, además (Cruz, 2017), infiere que los estudiantes que aprenden robótica mediante la impresión 3D, obtienen una mezcla fuerte de principios de ingeniería, comunicación, diseño, análisis de prueba, uso de sensores y controles de motor; así como otras habilidades tales como la perseverancia, el trabajo en equipo, el ánimo retador, la seguridad, la planificación, y la gestión de proyectos.

En Colombia, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), vincula la impresión 3D dentro de las tecnologías que se estudian en la formación de los aprendices de confección, calzado y marroquinería, esta entidad educativa resalta que el proceso de aprendizaje brindado en la institución articula lo tecnológico y social para el desarrollo de los procesos epistémicos, de proceso y actitud, que permiten al aprendiz desenvolverse de manera crítica en ambientes sociales y productivos. (Cruz, 2017)

La impresión 3D ha adquirido en el ámbito internacional, gran importancia en procesos de investigación y aprendizaje en diferentes carreras, entre ellas la antropología, geología, química, medicina e ingeniería; Colombia con base en estos estudios debe promover la implementación de esta tecnología en los diferentes programas de formación. (Cruz, 2017), indica que en Colombia se creó el movimiento Maker, en el que ciudades como Medellín, Cali, Armenia y Barranquilla propagan eventos de divulgación que buscan el acercamiento de participantes a laboratorios digitales, espacios generados para la innovación, experimentación y construcción de experiencias

que no solamente utilizan la impresión 3D para elaborar nuevos conceptos, sino que además se fomenta el emprendimiento, trabajo en equipo, innovaciones y tecnología.

Es imperativo que desde la formación misma se profundice en la tecnología de impresión 3D, ya que el desconocimiento del tema crea incertidumbre frente al potencial que esta tecnología tendría a largo plazo. En la literatura científica de nuestro país no se reportan aplicaciones, ya que el tema se limita a pocas empresas que utilizan estos procesos como modelo de negocio y se excluyen otros sectores de igual o mayor importancia como el caso de la educación; el desarrollo científico de Colombia enfrenta varias barreras, un ejemplo de ello es que las piezas utilizadas en los experimentos son costosas, además del tiempo que requiere importar los materiales, situación que se resolvería impulsando la impresión 3D, afirma (El Tiempo, 2016). Una muestra la dieron un grupo de investigadores colombianos que construyeron piezas básicas para experimentos en óptica, dicho proceso se realizó en una impresora creada en Colombia, redujo entre un 50% y 80% los costos de los elementos.

La universidad de La Salle, promueve eventos en los que participan distintos proyectos de investigación de diferentes países con el objetivo de fortalecer los procesos académicos que permiten a través de la ciencia y la tecnología acercarnos a nuevos conocimientos en diversidad de campos universitarios, además impulsa los proyectos que surjan de sus estudiantes y que están encaminados a este objetivo; como lo fue el proyecto de un estudiante y profesor de medicina veterinaria que plantearon el moldeamiento de un esqueleto canino en 3D, y por el cual recibieron el reconocimiento de oro en el concurso Latinoamericano “Infomatrix”. (La Salle, 2017)

De otra parte los investigadores Escamilla y González de la Universidad Nacional, infieren que la impresión 3D acelera los procesos para la construcción de productos finales y prototipos, lo cual acelera también el conocimiento de los estudiantes; adicionalmente afirman que actualmente ya

existen servicios como los de reproducir un feto humano para que padres invidentes puedan palpar a su hijo, incluso algunos navíos llevan una impresora 3D que les permite reponer piezas que se hayan averiado en altamar. Estos dos investigadores participaron en una charla que pretende detectar las oportunidades que ofrecerá profesionalmente la inclusión de estas tecnologías para los ingenieros industriales del país.

En la universidad Icesi de Cali, surgió el proyecto “en marcha” de un estudiante de diseño industrial en el que se desarrollan prótesis en impresión 3D a partir del filamento PLA, el costo de cada prótesis es de alrededor de 50 dólares, por lo que se puede convertir en una alternativa económica para pacientes de escasos recursos. El proyecto se encuentra en fase de prototipo funcional y se propone enfocarlo en niños, además espera poder compartir su idea con fundaciones que apoyen a personas con amputaciones o facilitarla en internet para que alguien que requiera del prototipo y tenga una impresora 3D lo pueda realizar.

Así mismo la Universidad Industrial de Santander, a través del Laboratorio de Inteligencia Creativa Semiosis LAB, promueve el diseño de nuevos productos, servicios, experiencias y modelos de negocio a través de la gestión del conocimiento ya que este se ha convertido en un factor importante que apoya a las organizaciones para encontrar un alto nivel competitivo y desarrollo estratégico. Entre los factores de impulso se encuentra la ideación y el prototipado, que se realizan bajo la metodología del Desing Thinking, (el pensamiento de diseño), el cual está fundamentado en construir ideas, experimentación y observación, se enfoca en los aspectos humanos, tecnológicos, viables y de trabajo en equipo. El propósito es generar prototipos en tiempos reducidos y de bajo costo mediante la fabricación digital haciendo uso de la impresión 3D.

Estudiantes de la Universidad Industrial de Santander en la sede regional de Barbosa – Santander idearon una prótesis mioeléctrica<sup>\*\*\*</sup> de brazo, basados en la tecnología de impresión 3D, con una ventaja sobresaliente ya que el costo oscila entre los 4 millones de pesos, cuando otras prótesis similares cuestan alrededor de 70 millones de pesos. Este prototipo permite al paciente ejecutar agarres más precisos llegando a un alto nivel de motricidad. (Vanguardia, 2017)

Con la información recolectada, se muestra que existe en los colombianos un pensamiento creativo y un potencial de crecimiento económico y social evidente; sin embargo, es necesario fortalecer y masificar las tecnologías de impresión 3D, no solo en las universidades sino desde la educación básica misma, y velar por la capacitación en el manejo de estas tecnologías y las practicas adecuadas de uso. (Maker, 2017), publica en su página principal el proyecto “iproject”, liderado por el diseñador industrial Esteban Satizabal, que surgió de la necesidad de materializar ideas y prototipos, donde la impresión 3D es la que le da un mayor valor agregado a su propósito mediante la capacitación sobre el manejo de esta tecnología. Según Maker (2017) Afirma:

Según Esteban, una de las grandes falencias de las universidades de Colombia es que no capacitan a sus estudiantes en el manejo de dos herramientas fundamentales para cualquier diseñador: un lápiz 3D e impresoras 3D; por eso se vio obligado a capacitarse fuera el país.

Este visionario decidió aportar junto con distintas universidades al diseño industrial de Colombia, dando conferencias y capacitaciones respecto a este tema.

En los últimos años Colombia ha trabajado en la incorporación de nuevas estrategias de enseñanza en la educación, como el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación

---

<sup>\*\*\*</sup> Que sustituye a los músculos y que funciona con electricidad. De las propiedades electromotrices de los músculos o relacionado con ellas

(TIC), para apoyar en el aprendizaje de los estudiantes, esto evidencia la necesidad de que la educación este alineada con los avances tecnológicos, con la impresión 3D en el ámbito educativo, se daría un giro total a la forma tradicional de enseñanza (Solís & Alarcón, 2016). La comunidad educativa colombiana, tiene como reto entender e implementar el uso de esta herramienta pedagógica, que apresura y mejora los procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación y producción de calidad.

## **5. Resultados**

Las tecnologías 3D por adición son la “columna vertebral” tecnológica de los laboratorios de fabricación digital FABLABS en estos talleres de alta tecnología las personas pueden producir elementos, acorde a las necesidades de un público específico y que no se encuentran en la industria convencional. (KNIPS, s.f.)

Los FABLABS permiten la conexión a las actividades de intercambio de conocimiento, basándose en la colaboración y descentralización siendo parte de un nuevo modo de innovación, producción y consumo.

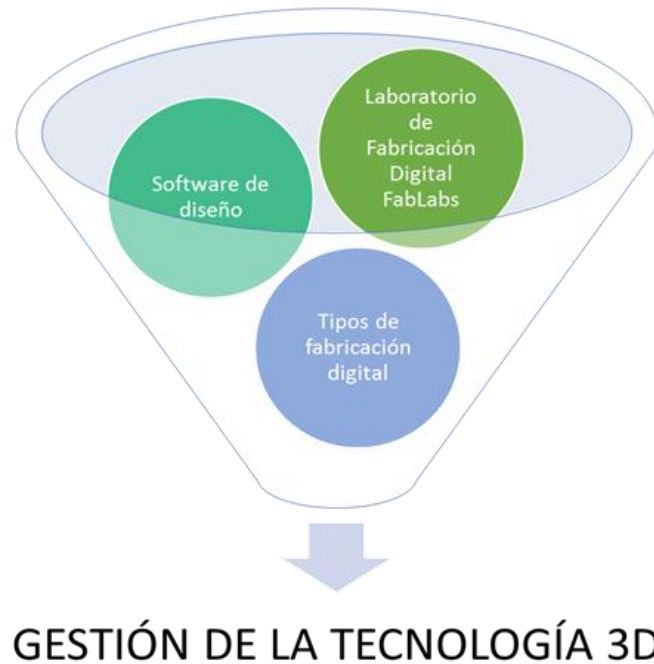


Figura 49. Gestión de la tecnología 3D

La aplicación de prácticas adecuadas en el proceso de impresión 3D, son base fundamental para promover avances en investigación; Semiosis LAB, se fundamenta en ampliar el conocimiento de los estudiantes de ingeniería mediante la inclusión de nuevas tecnologías que faciliten el desarrollo de investigaciones y fomenten su participación en espacios creativos. Un ejemplo de las ventajas que proporciona impulsar entornos de exploración en la educación es el MIT Media Lab; este laboratorio permanece en la Escuela de Arquitectura + Planificación (SA + P) del MIT, en Massachusetts Estados Unidos, fue creado en 1980 por el profesor Nicholas Negroponte ex presidente del MIT y asesor científico del presidente John F. Kennedy; durante su primera década fue precursor de la tecnología que abrió paso a la revolución digital. Posteriormente en la segunda década según Mit Media Lab. About (2018), *“el Laboratorio literalmente sacó la informática de la caja, integrando los bits del reino digital con los átomos de nuestro mundo físico”*.

MIT Media Lab tiene la ayuda de más de 80 miembros, entre los cuales están algunos de los líderes de institutos mundiales, dichos miembros aportan la mayor cantidad de presupuesto anual que requiere el laboratorio; respecto al trabajo que realiza, este laboratorio maneja programas de licenciatura en artes y ciencias de los medios, sin embargo, el foco principal comprende una amplia agenda de investigación (MIT Media Lab, 2018):

- *Avanzando en Bienestar*: Combina docentes con ideas sobre el terreno para promover una mejor salud.
- *CE 2.0*: Es un apoyo en conjunto con las instituciones miembro para formular los principios para una novedosa generación de productos electrónicos de consumo
- *Centro para medios cívicos*: Programa de escritura crea e implementa herramientas técnicas y sociales.
- *Center for Extreme Bionics*: Enfrenta hipótesis actuales sobre obstáculos físicos y mentales graves.
- *Programa de Comunicaciones Futuras*: Se centra en cuestiones amplias desde telefonía a computadoras.
- *Iniciativa de Moneda Digital del MIT (DCI)*: Convoca expertos en temas como la criptografía, economía con el propósito de explorar los problemas que existen en tecnología blockchain y bitcoin.
- *Mundos emergentes*: Trabaja con el objetivo de resolver problemas que involucran temas de salud, educación, finanzas, inclusión, alimentación, agricultura, vivienda y negocios locales.
- *Ética y gobernanza de la inteligencia artificial*: Investiga sobre aplicaciones globales para aplicaciones globales para avanzar en lo relacionado al bien público.

- *Laboratorio de Máquinas Sociales*: Desarrolla nuevas tecnologías referentes a los medios de comunicación públicos, redes sociales, flujos de datos y contenido digital.
- *Aprendizaje de Media Lab*: Explora el conocimiento por medio de dimensiones, con el diseño de herramientas y tecnologías en pro de mejorar el aprendizaje en todas partes.
- *Exploración espacial*: el principal objetivo es promover la innovación en lo relacionado con la exploración espacial.
- *Agricultura abierta*: Elabora herramientas y plataformas colaborativas, con el fin de crear una plataforma ecosistema, para promover las tecnologías alimentarias.
- Ultimate Media.

### **5.1. Beneficios de la Impresión 3D en la Educación.**

Pese a que todavía no están las impresoras 3D extendidas en todas las aulas, esta tecnología se está propagando rápidamente ya que muchos países son conscientes del potencial de la herramienta, como es el caso de Estados Unidos que ya apuestan por el uso de impresión 3D en ambientes escolares y universitarios, el propósito es realizar la cobertura en cinco años frente al uso de esta tecnología. (Mundo Digital, s.f.)

En España también se ha establecido la dotación de impresoras 3D a más de 300 institutos de educación secundaria. (Imprimalia 3D, 2015) De otra parte, la impresión 3D para el desarrollo de un prototipo, específicamente en estudiantes universitarios, es una herramienta clave que permite no solo prever errores en las primeras fases de diseño; sino que además posibilita la realización de pruebas a los modelos, por lo que es posible garantizar la funcionalidad del mismo.

Con el prototipado 3D, surgen ventajas para las investigaciones de estudiantes universitarios, entre ellas (Statasys, s.f.):

- Comunicación rápida y eficaz de la propuesta de diseño
- Validación eficaz de ajuste, forma y función del diseño
- Mayor flexibilidad en diseño
- Menos errores de diseño de producción y por ende mejores productos finales.

## **5.2. Ventajas que aporta la Impresión 3D en la Educación.**

Entre las ventajas que se destacan en el uso de la impresión 3D en la educación se encuentran (TICBeat, 2015):

- Impulsa la creatividad y la capacidad de resolver problemas: Con la capacidad de materializar ideas en objetos reales, las impresoras 3D aportan significativamente a un cambio de mentalidad en el estudiante que le permite solventar los diferentes obstáculos que surjan en el mundo físico a través de la creatividad e innovación que le llevará a obtener el objeto deseado.
- Genera mayor participación: Mediante la impresión 3D se crean en el entorno educativo procesos más lúdicos y participativos con espacios en los que los estudiantes tienen la posibilidad de explorar de manera conjunta.
- Capta el interés de los aprendices: Con la posibilidad de aprender practicando y de ver el resultado real de los diseños, los alumnos se muestran más interesados y motivados en adquirir conocimiento, lo cual es muy positivo, y para los casos de estudiantes con problemas de atención,

se promueve la capacidad de concentración. Es entonces la impresión 3D un incentivo en el proceso de aprendizaje.

- Facilita el trabajo del docente: Existen asignaturas o temas específicos que en ocasiones son difíciles de explicar, con la impresión 3D, es posible trasladar conceptos a un escenario real; por lo general este proceso es asociado a materias de ciencia, tecnologías, ingenierías y matemáticas, sin embargo, las impresoras 3D también pueden utilizarse en áreas como la geografía o historia.
- Colaboración entre diferentes materias y departamentos: Con las diferentes experiencias se ha demostrado que el uso de las impresoras 3D en el entorno educativo fomenta el trabajo en equipo, la colaboración entre diferentes materias y especialidades.

### **5.3. Aplicación de la Impresión 3D en Ingeniería Industrial.**

La principal aplicación de la impresión 3D en la Ingeniería Industrial está dirigida al mejoramiento de la capacidad de prototipado rápido, reduciendo plazos y tiempos en el lanzamiento de un nuevo producto. Sin embargo, la impresión 3D ofrece además la detección precisa de los mapas de flujo de valor, profundización en las distintas metodologías posibles de un nuevo producto o proyecto, análisis respecto la velocidad y simplificación del progreso y cumplimiento de un proyecto, identificación y estudio de oportunidades, mejora en los productos minimizando la obsolescencia\*. De allí que la ingeniería industrial está siendo impulsada y revolucionada por la impresión 3D dados los aportes que ofrece la fabricación aditiva. (Hernandez, 2016)

---

\* Hace referencia a la caída en desuso de las máquinas, equipos y tecnología, no por mal funcionamiento, sino por insuficiencia en el desempeño de las funciones en comparación con las nuevas máquinas, equipos y tecnologías ofrecidas en el mercado.

Con la aplicación de la impresión 3D en la ingeniería industrial se generan diversidad de aplicaciones que contribuyen en el mejoramiento de procesos industriales, tales como la realización de prototipos rápidos; así mismo contribuye en la mejora de proyectos ya ejecutados con el menor costo posible, y permite efectuar asesoría técnica y formación a medida según las necesidades de cada cliente.

Hasta ahora la impresión 3D en Ingeniería Industrial se ha enfocado en el prototipado, sin embargo, existen otras formas que van más allá permitiendo que empresas incorporen esta tecnología con el apoyo de los ingenieros, dichas formas son: (Hernandez, 2016)

- Identificación precisa en los mapas de flujo de valor
- Inclusión profunda para entender las metodologías posibles en un proyecto o producto nuevo
- Exploración respecto a la aceleración y simplificación del desarrollo y ejecución de un proyecto
- Detección y análisis de ventanas de oportunidades
- Mejora de productos reduciendo al máximo la obsolescencia

Un ejemplo de las posibilidades que brinda la impresión 3D en las empresas es TIKOA, esta empresa promueve el aprovechamiento de dicha herramienta mediante la mejora de procesos de fabricación, iniciando por el diseño del producto, el diseño de herramientas, gestión del prototipado, control de procesos y ajuste en los tiempos de respuesta con adaptabilidad a los tiempos de entrega necesarios. (Hernandez, 2016)

#### **5.4 Tecnologías aditivas en Semiosis LAB**

Teniendo en cuenta el propósito de esta investigación, en el siguiente aparte se relaciona información detallada de las impresoras MakerBot Replicator Mini y BGC Smart Tech que están a disposición de docentes y estudiantes en el laboratorio de inteligencia creativa Semiosis LAB, de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de brindar información del proceso de prototipado en impresión 3D.

##### **MakerBot Replicator Mini**

De acuerdo al Manual del Usuario de la impresora MakerBot Replicator Mini, esta es una impresora de quinta generación y es el modelo más compacto, posee extrusión inteligente, contiene una cámara que permite monitorear y controlar la impresión en tiempo real a través de conexión wifi, con la aplicación MakerBot Mobile, el uso de esta impresora es muy sencillo por lo que no se requiere una experiencia previa. Los rollos usados para la impresión son de filamento PLA y el espesor mínimo de capa es de 200 micras (0.2 mm).



*Figura 50.* MakerBot Replicator Mini. Adaptado de Maker Bot. Disponible en: <https://www.makerbot.com/replicator-mini/>

En el Manual del Usuario de la impresora se expresa que esta permite crear objetos sólidos tridimensionales usando filamento PLA fundido. Inicialmente se debe usar MakerBot Desktop para convertir los diseños en instrucciones para la impresora; posteriormente mediante USB o cable local se transfieren dichas instrucciones, luego la MakerBot fundirá el filamento de PLA y este saldrá trazando finas líneas sobre la plataforma de impresión, confeccionando el objeto diseñado capa por capa. A este método se le denomina modelado por deposición fundida.

Tabla 6.

*Información Técnica de MakerBot Replicator Mini*

Característica	Detalle
<b>Tecnología de Impresión</b>	Modelado por deposición fundida
<b>Volumen</b>	10.0 W x 10.0 D x 12.5 H cm

Tabla 9. *Continuación*

Característica	Detalle
<b>Resolución de la Capa</b>	200 micras (0.2 mm)
<b>Diámetro de Filamento</b>	1.75 mm
<b>Resolución de la Capa</b>	200 micras (0.2 mm)
<b>Diámetro de Filamento</b>	1.75 mm
<b>Compatibilidad de Filamento</b>	PLA
<b>Placa de Construcción</b>	Acrílico moldeado por Inyección
<b>Dimensiones de la Impresora</b>	31.0 W x 29.5 D x 38.1 H cm [12.2 W x 11.6 D x 15.0 H in]
<b>Peso de la Impresora</b>	8 kg
<b>Requerimientos de Energía</b>	100-240 VAC; 0.75-0.41 A; / 50-60 HZ; 100 W
<b>Software</b>	Tipo de Archivos, STL – OBJ – COSA - MAKERBOT
<b>Sistema Operativo</b>	Windows (7+), Mac OS X (10.7+), Linux (Ubuntu, Fedora)
<b>Conectividad</b>	USB - WIFI
<b>Resolución de la Cámara</b>	320 x 240

Nota: Adaptado de Pereira, J., & Henríquez, L. (2016). Tangara UIS. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165579.pdf>

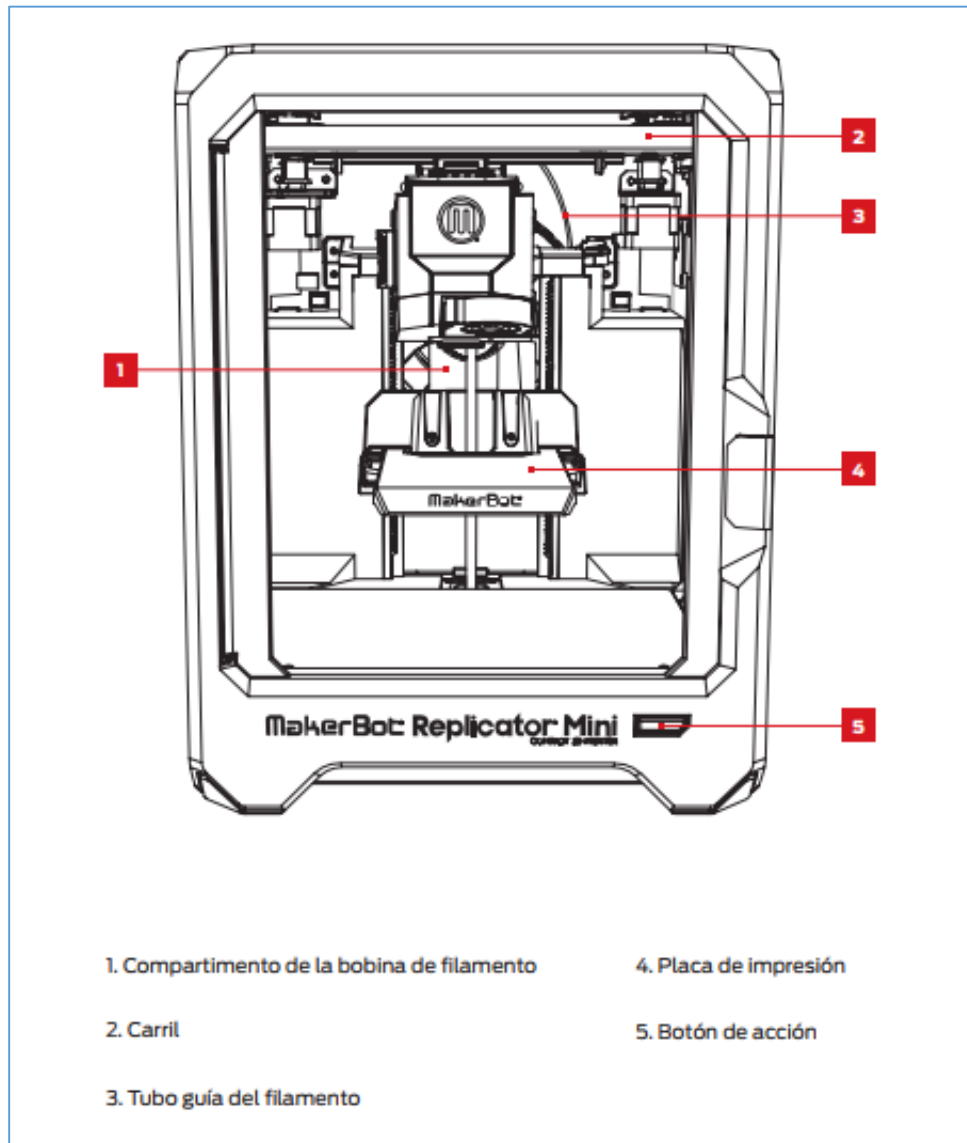


Figura 501. Información de MakerBot Replicator. Adaptado de makerbot.com

### BGC Smart Tech



*Figura 512.* Impresora BGC Smart Tech. Adaptado de laboratorio Semiosis LAB

Esta impresora está basada en la iniciativa RepRap y se caracteriza por el bajo costo y flexibilidad en el ajuste de los parámetros de fabricación. A continuación, se relaciona información respecto a la descripción y usos de esta herramienta (Pereira, J., & Henríquez, L, 2016):

Tabla 6.

#### *Materiales de Impresión*

Equipo	Insumo	Descripción
BGC Smart Tech	PLA	Rollo de 1.75 mm de diámetro, 330 m de largo y 1 Kg de peso.

Nota: Adaptado de Pereira, J., & Henríquez, L. (2016). Tangara UIS. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165579.pdf>

Tabla 7.

*Descripción Impresora BGC Smart Tech*

Descripción del Equipo	Servicio para el que se usa	Descripción	Usos
<b>Impresora BGC Smart Tech</b>	Prototipado	-Tecnología FFF (Fused Filament Fabrication)	
		-Diámetro del filamento 3mm + - 0.1 mm materiales PLA y ABS	Optimización en la elaboración de piezas de forma automática.
		-Dimensiones de la maquina con soporte para carrete alimentador: Ancho 53cm, Alto 41cm, Profundidad 55cm	Manipulación de las piezas en la ventana de previsualización para edición.
		-Dimensiones sin soporte para carrete alimentador: Ancho 53cm, Alto 41 cm, Profundidad 46 cm	Utilización de todo el volumen disponible en un solo trabajo de impresión.
		-Peso: 16.5 kg	

Tabla 7. *Continuación*

Descripción del Equipo	Servicio para el que se usa	Descripción	Usos
		-Dimensiones máximas de impresión	
		200 mm x 200 mm x 200 mm	
		-Resolución baja 0.25 mm por capa	
<b>Impresora</b>			
<b>BGC Smart Tech</b>	Prototipado	-Resolución media 0.17 mm por capa	
		-Resolución alta 0.1 mm por capa	
		-Precisión:	
		Eje X y Eje Y 0.010 mm	
		Eje Z 0.025 mm	

Nota: Adaptado de Pereira, J., & Henríquez, L. (2016). Tangara UIS. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165579.pdf>

## 5.5 Buenas Prácticas en Impresión 3D

Las buenas prácticas en impresión 3D, son los principios básicos y prácticas en cuanto a modelado, hardware, software e impresión; con el objetivo de garantizar que los prototipos se realicen bajo las condiciones adecuadas disminuyendo los riesgos inherentes a la impresión aditiva Fonda (2016). En este aparte se realiza un análisis detallado de las prácticas más relevantes en el proceso de impresión 3D, con el fin de diseñar un manual que sirva como herramienta de apoyo a

los estudiantes y docentes de la universidad Industrial de Santander, tanto en teoría como en práctica de la impresión aditiva.

Tabla 8.

*Prácticas de tecnologías 3D*

<b>Práctica</b>	<b>Tecnologías 3D</b>	<b>Autor</b>
Estimulación a la creatividad	Aplicativo	De la Torre (2015)
Digitalización de libros	Diseño	Carbonell, Carrera, et al (2016)
Diseños impresos	Escaer e Impresora	-
Medicina: estructura dental	Escaer e Impresora	Cantín, Muñoz y Olante (2015)
Diseño y fabricación	Escáner	Ojeda, Belete y Batista (2014)
Estereolitografía	Generalidades	Charles Hull (1984)
Del laboratorio a casa	Impresora	Rodriguez, Jérez y gómez (2014)
Biblioteca	Impresora	Comalat-Navarra (2015)
Diseños compartidos	Impresora	Vazhnov (s.f.)
Medicina: Implantes.	Impresora	Euroresidentes (2017)
Medicina: Estudio del cuerpo humano	Impresora	Inzuna, et al (2015)
Medicina: Medicamentos	Impresora	perez (2015)
Medicina: prótesis, tejidos, riñones, etc.	Impresora	Alvarez (s.f.)
Medicina: material quirúrgico.	Impresora	Euroresidentes (2017)
Aviación: componentes de corta vida.	Impresora	Wyman (2014)
Deporte: plantillas, careta y canilleras	Impresora	Cazon - Martin et. Al (2015)
Automotriz	Impresora	Euroresidentes (2017)

Tabla 8. Continuación

Práctica	Tecnologías 3D	Autor
Alimentación	Impresora	Oyanedel (2013)
Alimentación: polvos y líquidos.	Impresora	Fontrodona y Blanco (2014)
Industria Militar	Impresora	Conde (2016)
Obras de arte	Impresora	De la torre, et al (2015)
Circuitos eléctricos	Impresora	Hoyos (2013)
Ingeniería industrial: creación de diseños, moldes.	Impresora	Horn (2012)
Ingeniería industrial: optimización de recursos.	Impresora	Woodson (2016)
Ingeniería industrial: control de procesos (Six Sigma, Taguchi).	Impresora	Chen y Gabriel (2016)
Resolución de problemas	Impresora	Pous, Perez y Mauriz (2015)
Prototipado	Impresora	Medina Porras (2016)
Ingeniería Industrial: ciclo completo de creación de un producto.	Impresora	Granados O. (s.f)
Digitalizar diseños turísticos	Realidad Virtual	Caro, Luque y Zayas (2015)
Metodos de Aprendizaje	Realidad Virtual	Gestión prácticas de riesgo (2012)
Reacciones frente a problemas reales	Realidad Virtual	Gestión prácticas de riesgo (2012)
Maipulación de objetos	Realidad Virtual	Carbonell, Carrera, et al (2016)
Medicina: malformación dental	Realidad Virtual - Impresora	Centero (2014)
Digitalización de libros	Escáner	Gall - Art (2014)
Digitalización de libros	Escáner y Fotogrametría	Pereira y Robledano (2013)

Imprimir una figura en 3D, requiere de un proceso que debe ser realizado adecuadamente por el usuario, que va desde la idea hasta un objeto; por lo cual es importante conocer cuáles son las practicas más apropiadas para lograr la impresión deseada. (Fonda, 2016):

**Modelado en 3D:** Este es el primer paso para la impresión de un objeto, inicialmente se elabora un diseño virtual del mismo mediante el software a menudo llamado CAD (diseño asistido por ordenador); el uso de este programa requiere de un conocimiento previo de los iconos y menús que lo conforman, así como también entender los movimientos del mouse en el entorno del

programa, entre los programas más utilizados en diseño se encuentran SketchUp, FreeCAD, Blender, CAD, OpenSCAD, Sculptris, Autodesk 123D Design. (Fonda, 2016)

**Modelos en la Web:** Este es un servicio que facilita miles de modelos predeterminados, que son compartidos de forma gratuita en la web por otros fabricantes, existen distintos repositorios web muy útiles con variedad de diseños, entre ellos, Thingiverse, Autodesk 123D, 3D CAD browser, GrabCAD, Shapeways2, 3D warehouse, 3D vía. En la mayoría de estos sitios web existen múltiples formatos de archivos para descargar, por lo que se facilita la modificación y personalización, además son una fuente elemental para ejercitar el dominio del software de modelado 3D; esta posibilidad brinda el estímulo y el desafío para mejorar nuestras capacidades de crear modelos. (Fonda, 2016)

**Hardware:** Para la elección de un modelo de impresora 3D se debe contemplar que pueda ser actualizada y mejorada fácilmente; existen diversos modelos que se han creado con base en distintas necesidades, en el mercado hay muy buenas impresoras y a un costo razonable. Impresoras de estilo Hacker que contienen un software abierto y totalmente personalizable, se encuentran RepRap, Darwin, Mendel, Rostock, Ultimaker y Printrbot; impresoras más fáciles de usar como Makerbot, Replicator, Solidoodle, AfiniaUp, y finalmente impresoras plug'n'play o cajas negras que son muy fáciles de usar aunque se permiten solo unos pocos ajustes para obtener el resultado deseado, similar a las modernas impresoras láser 2D o de inyección de tinta, entre ellas la más conocida Cube. (Fonda, 2016)

**Reparación Previa de Malla:** Es probable que el archivo en STL diseñado para impresión aún no esté listo para imprimir, pese al cuidado que se haya puesto en la creación; ni el mejor software libre en manos de un profesional puede evitar que aparezcan algunos errores en la superficie de los objetos, defectos como huecos o caras al revés, son problemas comunes e inevitables cuando el diseño incluye cavidades, intersecciones, caras o superficies curvas por lo que es necesario realizar un análisis más profundo a los detalles del diseño, antes de enviarlo al software de rebanado (en las páginas siguientes se explica el concepto) que permite distinguir con precisión la parte interna y la parte externa del objeto con el fin de decidir donde y cuando extruir el plástico, ya que si hubiese un hueco microscópico en la aproximación poligonal de la superficie “malla”, no sería posible garantizar la integridad de la superficie externa del objeto, ni tampoco resultados correctos con el rebanado. Es siempre una buena práctica revisar previamente todos los detalles antes del rebanado, este proceso se puede realizar en el software gratuito Netfabb Studio Basic o MeshLab, disponible para Windows, Mac y Linux. (Fonda, 2016)

**Software de Rebanado:** Este es el paso más llamativo del proceso de impresión 3D, debido a que allí se exponen claramente los detalles de cómo trabaja una impresora 3D, para transformar un filamento plástico en las creaciones diseñadas y en la que se efectúa una combinación de conocimiento técnico, ciencia y arte, por lo que se requiere de tiempo para dominar el procedimiento. Antes de imprimir el modelo grabado o exportado como STL, se debe convertir primero en un grupo de instrucciones para la impresora; a esta conversión se le denomina rebanado ya que literalmente el modelo es rebanado en muchas capas delgadas horizontales que serán impresas en secuencia. La impresora requiere una información muy distinta a la que contiene los archivos STL, los movimientos del cabezal en las diferentes direcciones (X, Y, Z), la cantidad de

plástico que debe extruir, la temperatura de la boquilla y de la plataforma de impresión; el proceso de rebanado se describe a continuación (Fonda, 2016):

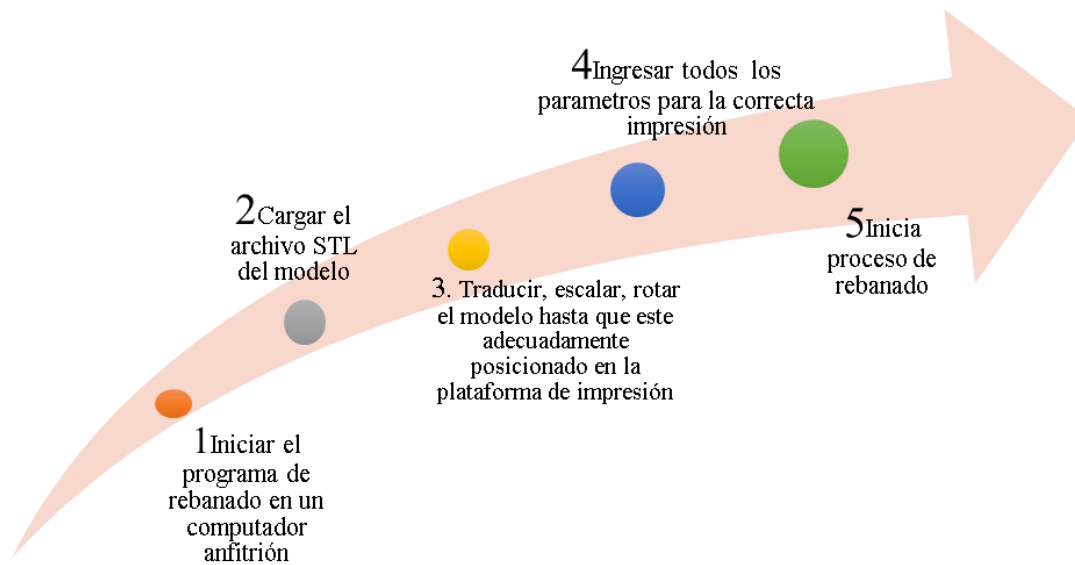


Figura 523. Proceso rebanado 3D. Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D

A través del software de rebanado es posible reposicionar el modelo en los tres ejes hasta que este quede centrado y repose exactamente en la superficie de la cama sin flotar en el aire, adicionalmente es necesario escalar las dimensiones del modelo para recompensar el encogimiento del plástico cuando este se enfríe. Durante el quinto paso el modelo 3D será cortado en muchas capas horizontales y cada una de ellas es procesada por separado para calcular la mejor trayectoria con el fin de que la boquilla deposite el plástico fundido en los sitios adecuados, esto evidencia la forma en que el cabezal de impresión realiza el trabajo capa por capa; se considera el paso 4 la etapa más crítica del proceso ya que la calidad final del objeto depende de la adecuada selección

de los valores de parámetros para rebanado, de allí la importancia de conocer el significado de los parámetros de rebanado (Fonda, 2016).

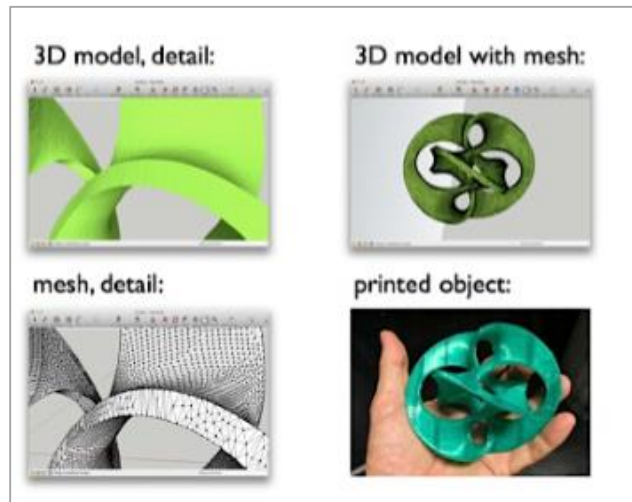
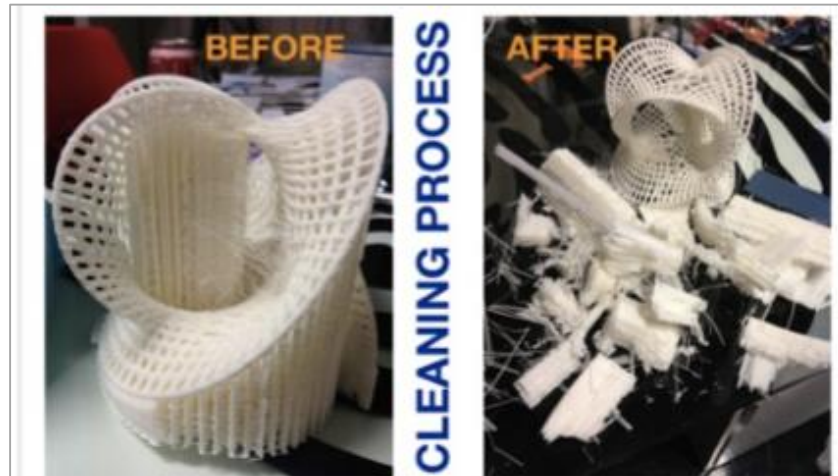


Figura 534. Rebanado 3D. Adaptado de Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D.

La mejor forma de experimentar con la impresión 3D, es seguir el orden de las prácticas adecuadas, ajustes de la impresora, ajustes de los filamentos, ajustes de impresión (altura de la capa, grosor, relleno, borde y soporte)

**Imprimir:** Una vez determinado el diseño, los parámetros, filamentos y ajustes de impresión, se procede a iniciar el procedimiento de calibración.



*Figura 545.* Antes y Después la remoción. Adaptado de Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D.

**Acabado:** Después de terminada la impresión, es conveniente dejarla en reposo unos minutos para que todas las partes se enfríen, según el modelo puede ser necesario remover la balsa y/o las estructuras de soporte con la ayuda de un cúter. Para un acabado brillante, el objeto se puede pulir con lija, por medio de solventes químicos o usando calor (Fonda, 2016).

Tabla 9.

*Prácticas impresión 3D*

<i>Practica</i>	<i>Detalle</i>
<b>Parametrizar las conexiones:</b>	La mayoría de las impresoras utilizan un chip para la conversión de USB a serial con el objetivo de proporcionar a la CPU el flujo de datos en serie que deben coincidir con los valores correctos.

Tabla 9. *Continuación*

<i>Practica</i>	<i>Detalle</i>
<b>Envío de instrucciones g-code:</b>	Este paso se realiza para verificar que todo está trabajando bien, que debe incluir la prueba de todos los sensores de fin de recorrido, temperatura y motores paso a paso.
<b>Nivelado cama de impresión:</b>	El ideal es que la plataforma sea lo más plana posible y perfectamente paralela en todas las direcciones a los ejes del cabezal móvil.
<b>Limpieza y cubrimiento de la plataforma:</b>	Se realiza con una o dos capas de cinta azul (para PLA) o cinta Kapton (para ABS), o el material que corresponda según el tipo de plástico utilizado.
<b>Calentamiento Cama de Impresión</b>	En caso de usar filamento PLA, no se requiere pre-calentar la cama de impresión.
<b>Carga de Filamento:</b>	Se inicia con el calentamiento de la boquilla o cabezal de impresión, para posteriormente accionar el engranaje de extrusión, es recomendable asegurarse de que la boquilla está llena de plástico.
<b>Carga del g-code:</b>	Se puede enviar por conexión USB o guardando el archivo en una SD o MicroSD, y posteriormente cargándolo en la impresora.
<b>Carga del g-code:</b>	Se puede enviar por conexión USB o guardando el archivo en una SD o MicroSD, y posteriormente cargándolo en la impresora.

Tabla 9. *Continuación*

<i>Practica</i>	<i>Detalle</i>
<b>Impresión:</b>	Se procede a imprimir y esperar a que el objeto quede listo. El tiempo de impresión depende de los detalles que tenga cada modelo y la resolución; se aconseja como precaución permanecer atentos al proceso de impresión ya que algunas partes requiere de temperaturas hasta de 200°C o más; es plástico fundido que sale por la boquilla y hay presencia de electricidad, así como también partes que se mueven, motores en marcha, por lo que podría ser peligrosa.

Nota: Adaptado de Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D.

Las prácticas de impresión 3D no solo se debe tener en cuenta el cómo hacer uso de esta herramienta también las áreas de aplicación, así como en la medicina ha facilitado la realización de prótesis, en la ingeniería ha permitido el diseño y desarrollo de productos de acuerdo a las necesidades reales del mercado permitiendo evaluar la funcionalidad, características de que lo que será el producto final, en estudiantes de diseño permite la transformación del método de aprendizaje pues este método permite la concepción de elementos que contribuyan con su creatividad.

Tabla 10.

*Recomendaciones para Impresión 3D*

<b>Fase</b>	<b>Proceso</b>	<b>Practica</b>	<b>Recomendación</b>
<b>I</b>	Modelación Digital	Creación del modelo digital 3D	Adquirir conocimiento mediante la práctica previa de los programas predeterminados para el diseño de un modelo 3D.

Tabla 10. *Continuación*

Fase	Proceso	Practica	Recomendación
<b>II</b>	Exportación	Generación de archivo en formato STL	Es importante generar el archivo en el formato correcto para realizar los siguientes pasos, el más usado es STL
<b>III</b>	Corrección de Malla	Corrección de los defectos posibles del modelo	Para una impresión óptima se recomienda realizar las correcciones necesarias de las imperfecciones que por lo general quedan en el proceso de diseño.
<b>IV</b>	Rebanado	Conversión del modelo digital en una lista de comandos que la impresora pueda ejecutar	Validar detenidamente los comandos seleccionados para realizar el rebanado del modelo
<b>V</b>	Conexión	Pasar la lista de instrucciones a la impresora a través de una conexión USB o microSD	
<b>VI</b>	Impresión	Preparar impresora e iniciar impresión	Verificar que las conexiones de electricidad estén bien realizadas y revisar que todo el diseño está correctamente validado antes de efectuar la impresión.
<b>VII</b>	Acabado	Eliminar las partes adicionales para limpiar la superficie.	Realizar este proceso una vez se haya enfriado la pieza impresa y proceder a retirar cuidadosamente las partes sobrantes del modelo impreso.

Nota: Adaptado de Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D .

## 6. Conclusiones

- Las tecnologías 3D se muestran como un apoyo capaz de transformar la educación en algo emprendedor y eficaz, contribuyendo a la mejora del aprendizaje para los alumnos y abriendo paso a las nuevas y novedosas investigaciones, dado que estas se convierten en una excelente herramienta pedagógica que permite la interacción directa entre el alumno y el profesor; estas tecnologías permiten la aplicación de los conceptos impartidos en una clase para hacerlos realidad, haciendo que el estudiante comprenda lo que el docente ha querido expresar.
  
- El aprovechamiento de la impresión 3D en el aprendizaje, implica beneficios amplios en los procesos de investigación que realizan los estudiantes universitarios, puesto que les permite fortalecer competencias importantes en el desarrollo de ideas innovadoras.
  
- El apoyo de las tecnologías 3D que ha ofrecido Semiosis LAB en la Universidad Industrial de Santander, prevé el desarrollo de nuevas investigaciones que aporten significativamente en diferentes áreas de estudio.
  
- Dado el impacto que se ha generado en la industria con la implementación de tecnologías 3D, cada vez son más las empresas que están vinculando la impresión 3D en los procesos productivos, por lo que han evidenciado una mejora en tiempo y costo, y no solo eso, pues con la ayuda de esta tecnología es posible ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas en infinidad

de formas, todo depende de la imaginación de cada uno de los makers para cubrir las necesidades que surgen día a día en la sociedad.

## **7. Recomendaciones**

- Es importante que desde el ámbito de la educación se promueva la masificación de la impresión 3D tanto en conocimiento como en práctica, ya que a través de este medio se lograrán aportes significativos en innovación y desarrollo.
- Las empresas deben apropiarse del tema de impresión 3D, e iniciar la implementación en los procesos productivos que le aporten en la optimización de costos y tiempo; además de mantenerse a la vanguardia de las evoluciones tecnologías que serán finalmente las que harán posible el desarrollo económico y social.
- Entendiendo la importancia de la revolución de impresión 3D, se recomienda tanto a estudiantes como a docentes realizar continuamente aportes de conocimiento y practica en todas aquellas mejoras que surgirán en el tema.

### Referencias bibliográficas

Aitiip. (s.f.). (SELECTIVE LASER SINTERING). Centro tecnológico. Zaragoza.

Álvarez, K.; Lagos, R.; y Aizpun, M. (2016). Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM). Revista chilena de ingeniería. v.29 n. especial.

Álvarez, P., Garcíandia, F., & Gurmendi, U. (s.f.). Tecnologías y aplicaciones en fabricación aditiva de materiales metálicos. Asociación Centro de Investigación en Tecnologías de Unión IK4-Lortek.

Amadoz. (2015). Revolución Industrial. Obtenido de <http://tlife.guru/profesional/fabricacion-digital-algo-mas-que-una-impresora-3d/>

Baldwin Filters. (2014). Explicación de las clasificaciones en micrones. Baldwin Filters.

Bermúdez, A., Poveda, A., & Cambroner, K. (2015). Alfabetizando digitalmente a privados de libertad mediante el diseño y prototipado en 3D. Memorias. v 13. n 24.

Bulent, Y. (2017). *ALL3DP*. Obtenido de Los 20 mejores software para impresoras 3D: <https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/>

Cantín, M., Muñoz, M., & y Olate, S. (2015). Generación de modelos de diente 3D basados en escaneo tridimensional para el estudio morfológico de dientes. Int J Morphol.

Carbonell, C., et al. (2016). Tecnologías para la incorporación de objetos 3d en libros de papel y libros digitales.

Caro, J., Luque, A., & Zayas, B. (2015). Nuevas Tecnologías para la Interpretación y Promoción de los recursos turísticos.

Castellanos, O. (2007). Gestión Tecnológica: de un enfoque tradicional a la inteligencia.

- Cazón, M., Muñoz, L., Ferradas, M., Camo, P., & Zuazo, I. (2015). Fabricación digital directa para deportes y aplicaciones médicas tres casos prácticos. *Tecnología de los ordenadores*. v 90. n 6.
- Cruz, R. (2017). La Impresión Tridimensional, una herramienta que fortalece el proceso de enseñanza del estudiantado de Diseño. *Inmoda Lab*.
- De la Torre, et al. (2015). Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D. *Universidad de la laguna*. Vol.16, No. 2.
- 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).
- El Tiempo. (Noviembre de 2016). La silenciosa revolución que está impulsando la impresión en 3D. *El Tiempo*.
- EnvisionTEC. (2016). EnvisionTEC Presenta SLCOM 1 Como su Más Importante Innovación de Impresión 3D. *Business wire*.
- Escuela Argentina de Nuevas Tecnologías. (s.f.). Introducción a la impresión 3D. . Obtenido de <http://eant.tech/escuela-de-sistemas-embebidos/cursos/introduccion-a-impresion-3d>
- Esteve, F., & Gisbert, M. (2011). El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías. *Revista de docencia universitaria*. Universitat Rovira i Virgili, España. 55 - 73.
- Euroresidentes. (2017). Euroresidentes, pasión por la vida. Obtenido de <https://www.euroresidentes.com/hogar/noticias-vivienda/10-viviendas-construidas-con-impresoras>
- FabLab. (s.f.). Procesos de Fabricación. Obtenido de <http://fab.pe/fabricacion-digital/procesos-de-fabricacion/>
- Ferrairó, S. F., & Folguera, F. (2016). Introducción a la impresión 3D (Prototipado rápido) Como instrumento de innovación tecnológica en el campo dental.

Fineout-Overholt, E., & Melnyk, B. (2005). Building a culture of best practice.

Fontrodona, J., & Blanco, R. (2014). Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. Generalitat de Catalunya.

Fundación Telefónica. (2014). Fabricación digital: Nuevos modelos de negocio y nuevas oportunidades para los emprendedores. .

Gall- García, R. (2011). Digital fabrication of construction models: analysis of equipments and procedures. Universidad del Bío-Bío, Avda. Collao 1202, Concepción. Pág. 146. Chile.

Gestión Tecnológica. (s.f.).

Gibson, R., & Stucker. (2010). Additive Manufacturing Technologies: Rapid prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer.

Gibson, Rosen, & Stucker. (2014). Additive Manufacturing Technologies: Rapid prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer.

Granados, O. (s.f.). Konrad Lorenz Fundación Universitaria. Obtenido de Impresión 3D del laboratorio de ingeniería: otra oportunidad para la creación: <http://www.konradlorenz.edu.co/es/noticias/noticias-generales-de-la-institucion/789-impresora-3d-del-laboratorio-de-ingenieria-otra-oportunidad-para-la-creacion.html>

Gratton, L., & Ghoshal, S. (2005). Beyond Best Practice. Mit Sloan Management Review.

GTGC. (Marzo de 2016). Centro de Analisis y Prospectiva Gabinete Tecnico de la Guardia Civil. Obtenido de Centro de Analisis y Prospectiva Gabinete Tecnico de la Guardia Civil: [http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local\\_repository/documents/17854.pdf](http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf)

Gutiérrez et al. (2005). Análisis y revisión de la literatura en el contexto de proyectos de fin de carrera: Una propuesta. 6(1). Revista Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación.

Gutiérrez et al. (2005). Análisis y revisión de la literatura en el contexto de proyectos de fin de carrera: Una propuesta. 6(1). Revista Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación.

Hernández, J. (2016). *Impresiontresde*. Obtenido de Avances en la ingeniería con impresión 3D: <http://impresiontresde.com/avances-en-la-ingenieria-impresion-3d>

Horn, T. J. (2012). Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications. *Science progress*, 95(3), 255-282.

Hoyos, M. (2013). Tecnologías de Impresión de Polímeros - Procesos y Aplicaciones. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/profile/Mario\\_Hoyos2/publication/256719965\\_Tecnologias\\_de\\_Impresion\\_de\\_Polimeros\\_-\\_Procesos\\_y\\_Aplicaciones/links/00463523c0b554102e](https://www.researchgate.net/profile/Mario_Hoyos2/publication/256719965_Tecnologias_de_Impresion_de_Polimeros_-_Procesos_y_Aplicaciones/links/00463523c0b554102e)

Ibarra, E., León-Arenas, A., & Serrano-Cárdenas, L. (2014). Explorando las principales ventajas y factores de éxito de la innovación abierta en las organizaciones. *Entramado*, 10(2)

Impresiontresde. (2017). Obtenido de <http://impresiontresde.com/cosas-impresion-3d-medica-puede-hacer-ya/>

INEO. (s.f.). Estereolitografía (SLA). Obtenido de <http://www.ineo.es/servicios/estereolitografia>

Inzunza, O., Caro, I., Mondragón, G., & Al., e. (2015). Impresiones 3D, nueva tecnología que Apoya La Docencia Anatómica. *Int. J. Morphol.*

La Salle. (Octubre de 2017). Universidad de la Salle. Obtenido de Universidad de la Salle: <https://www.lasalle.edu.co>

LiDAR. (s.f.).

Manual del Usuario Makerbot Mini Replicator (2014). MakerBot Mini Replicator. Disponible en: [https://support.makerbot.com/learn/makerbot-replicator-mini/getting-started/manuals-and-guides\\_10942](https://support.makerbot.com/learn/makerbot-replicator-mini/getting-started/manuals-and-guides_10942)

Maker. (28 de Noviembre de 2017). Maker. Obtenido de Maker: <https://somosmaker.com/disenio-industrial-en-impresion-3d/>

Marcos, A. (2013). La historia del futuro industrial: Cómo surgió la impresión 3D. Teleco - to - walk.

MatterandForm. (2018). Obtenido de <https://matterandform.net/scanner>

Ministerio de educación. (2010). ABC de la Gestión del Conocimiento. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-228567.html>

Misas, G. (2004). La educación superior en Colombia : análisis y estrategias para su desarrollo. Bogota.

Morales, V. (2016). Digitalización de una imagen de la virgen del Carmen y los usos del 3d en la conservación y restauración. Universidad de la Laguna, Facultad de Humanidades, Sección Bellas Artes. Trabajo de Grado (Grado en Conservaci. Santa Cruz de Tenerife.

Moro, P. Á., Garcíandía, F., & Gurmendi, U. (2014). Tecnologías y aplicaciones en fabricación aditiva de materiales metálicos. Metalindustria. (1 ed.).

Mundo Digital. (s.f.). Obtenido de Los beneficios de las impresoras 3D en la enseñanza: <http://www.mundodigital.net/los-beneficios-de-las-impresoras-3d-en-la-ensenanza/>

Ochoa, M., Valdes, M., & Quevedo, Y. (2007). Innovación, tecnología y gestión tecnológica. CIMED vol.16, n.4. Recuperado el 09 de 01 de 2017, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352007001000008&lng=es&nrm](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352007001000008&lng=es&nrm)

Ojeda, F. B., & Batista, J. (2014). Elaboración del modelo digital de elevaciones mediante tecnología 3D láser escáner. Minería y Geología v.30 n.1.

Ojeda, F., Belete, O., & Batista, J. (2014). Elaboración del modelo digital de elevaciones mediante tecnología 3D láser escáner. Minería y Geología v.30 n.1.

- O'Leary, D. (2006). Empirical analysis of the evolution of taxonomy for best practices. Obtenido de <http://www.best-in-class.com/about-us>
- Ontiveros, M., & Canay, J. R. (2013). Education and Technology in Mexico and Latin America: Outlook and Challenges. Introduction. In: "Education and Technology in Mexico and Latin America: Outlook and Challenges". Universities and Knowledge Society Journal (RUSC). Vol. 10, No 2.
- Ontiveros, M., De la Barquera, S., & Pazos, J. R. (2013). Education and Technology in Mexico and Latin America: Outlook and Challenges. Introduction. In: "Education and Technology in Mexico and Latin America: Outlook and Challenges". Universities and Knowledge Society Journal (RUSC). Vol. 10, No 2.
- Ortiz, K., Luna, H., Medina, José, & Soledispa, R. (2016). Beneficios de las impresoras 3D Como herramienta de Innovación en la Medicina. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Otero, H. (2017). *Instituto Asteco*. Obtenido de *Fabricación Aditiva: una nueva revolución industrial*
- Peapt. (2013). ¿Qué es la Tecnología? Obtenido de <http://peapt.blogspot.com.co/p/que-es-la-tecnologia.html>
- Pérez. (2015). La FDA aprueba la primera pastilla fabricada con impresión 3D. *Apprecia pharmaceuticals*.
- Pérez, G., & Castillo, R. (2016). La responsabilidad social empresarial y la fabricación digital en microempresas familiares en México, como factor de éxito en la innovación social. México.
- Pous de la Flor, J., Perez, M., & Sanjuan Mauriz, O. (2015). Aplicación de las tecnologías de impresión 3D a la ingeniería, la construcción y los servicios.

- Ramírez, M., & Suárez, J. y. (2014). Epigrafía digital: tecnología 3D de bajo coste para la digitalización de inscripciones y su acceso desde ordenadores y dispositivos móviles. *El profesional de la información* v. 23 n. 5.
- Ramón, H., Russo, C., Esnaola, L., Alonso, N., Fochi, M., & Padovani, F. (s.f.). El uso de los Entornos Virtuales 3D como una herramienta innovadora en propuestas educativas mediadas con tecnología Instituto de Investigación y Transferencia en Tecnología (ITT), Escuela de Tecnología, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia d.
- Redacción el Tiempo. (28 de Octubre de 2011). EL TIEMPO. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-10657985>
- Rodera-Bermúdez, A., Sandoval-Poveda, A., & Cambroner, K. (2015). Alfabetizando digitalmente a privados de libertad mediante el diseño y prototipado en 3D. *Memorias*.
- Roland Imagine. (2011). Prototipado Sustractivo Rápido.
- Rolstadas, A., & Dolinsek, S. (2006). Home Education: Global Education in Manufacturing: Basic Framework, Industrial Survey and Possible Implementation. *Managing Global Transitions*, , vol. 4, no 3.
- Rowan, J. (2012). Fabricando conocimiento: Protocolos y metodologías de investigación en las comunidades de fabricación digital.
- Rubio, R., Martín G., S., & Martín L., S. (s.f.). Introducción al diseño de geometrías fractales mediante técnicas de fabricación rápida Universidad de Oviedo, Fundación PRODINTEC (1) Gijón/España [rrubio@uniovi.es](mailto:rrubio@uniovi.es).
- Sanchez, A. (2015). DIWO. Obtenido de <http://diwo.bq.com/impresoras-3d-cartesianas-vs-delta/>
- Saorin, J., et al. (2015). Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D. *Universidad de la laguna*. Vol.16, No. 2.

Semiosis LAB. (s.f.). Obtenido de <http://SemiosisLABlab.com/servicios.php?subseccion=NTE=>

Siemens. (s.f.). Fabricación digital. Obtenido de [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_es/plm/digital-manufacturing.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/digital-manufacturing.shtml)

Tapias. (2000). Gerencia para el emprendimiento. Innovación tecnológica.

Tatatechnologies. (2014). Manufactura Digital. Obtenido de <http://www.tatatechnologies.mx/servicios/ingenieria-y-diseno/manufactura-digital/>

Tejedor, S., Martínez, J., & Juliá, A. (2014). Aula Planeta. Editorial:. Planeta SAu.

Tenuta, C. (2014). Sabf. Obtenido de <http://blog.sabf.org.ar/2014/05/30/como-las-impresoras-3d-estan-revolucionando-las-aulas/>

Torreblanca, D. (s.f.). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos.

Universia España. (2015). ¿Qué es un prototipo y para qué sirve? Obtenido de <http://noticias.universia.es/consejos-profesionales/noticia/2015/09/29/1131645/prototipo-sirve.html>

Vanguardia. (22 de Junio de 2017). Estudiantes UIS crearon una prótesis de bajo costo. Vanguardia Liberal .

3D natives. (Octubre de 2017). 3D natives. Obtenido de 3D natives: <https://www.3dnatives.com/es/tipos-impresoras-3d-fdm-190620172/>

3Dalia. (2016). Las Increíbles Ventajas de la Tecnología 3D. Obtenido de <http://www.impresora3dalia.com/blog/las-increibles-ventajas-de-la-tecnologia-3d/>

Additive 3D. (2014). Materiales y acabados: Sinterizado Láser Selectivo o SLS. Obtenido de <http://www.additive-3d.es/materiales-acabados-sinterizado-laser-selectivo.html>

- Álvarez, R. (2016). Así es como la impresión 3D le ha dado una nueva mandíbula a este superviviente de cáncer. Recuperado el 6 de Julio de 2016, de <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/asi-es-como-la-impresion-3d-le-ha-dado-una-nueva-mandibula-a-este-superviviente-de-cancer>
- Campos, R., & Gaya, R. (2015). Impresión 3D. Impactos en la producción y el comercio internacional. Columna de Análisis.
- Centero, S. (2010). Planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática. Confección de férulas quirúrgicas y predicción de resultados postoperatorios.
- Comalat, M. (2015). Bibliotecas públicas e impresoras 3D: el debate está servido. El profesional de la información. v.24 n.2.
- Conde, J. (2016). *Impresoras 3D*. Centro de Análisis y Prospectiva Gabinete Técnico de la Guardia Civil
- Eis. (s.f.). Impresoras en 3D. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso13-14/impresoras3D/SLA.html>
- Escobar, C. (2013). Breve Historia de la Impresión 3D. Pagina de Articulo.
- EY's, G. 3. (2016). Cómo hará la Impresión 3D que su Compañía es el enlace más fuerte de la Cadena de Valor.
- Fernández, A. (2015). Impresoras 3D, ¿la tercera revolución industrial? Obtenido de <http://www.cicnetwork.es/sin-categoria/impresoras-3d/>
- Fernández, A. (2015). Impresoras 3D: ventajas y desafíos para el medio ambiente. EROSKI CONSUMER.
- Fonda, C. (2016). Guía Práctica para tu Primera Impresión 3D .
- Fressoli, M., & Smith, A. (2016). Impresión 3D y Fabricación Digital.

Frontela, P. (s.f.). Impresoras en 3D. Estereolitografía. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso13-14/impresoras3D/>

Gall- Art. (2014). Scanner 3D. Obtenido de <http://www.gall-art.com/escaner-3d/>

Gestión Práctica de Riesgos. (2012). Tecnología 3D para salvar vidas. Gestión practica de riesgos laborales. No. 99.

Granados, L. S., & Moreno, J. F. (2009). Herramienta en 3D para el modelado de escenarios virtuales basados en logo. Grupo de Investigación GIBRANT Universidad Santo Tomás Tunja seccional Tunja. Vol. 19-2. Tunja.

Hardware libre. (2017). Analizamos el escáner 3D BQ CICLOP. Obtenido de <https://www.hwlibre.com/analisis-escaner-3d-bq-ciclop/>

Impacto y Potencial de la Impresión 3D en la ocupación. . (2015). Barcelona: Barcelona Activa. .

Impresora 3D SLS. (s.f.). (Sinterizado Láser Selectivo). Obtenido de <http://impresora3dprinter.com/impresoras-3d-argentina/impresora-3d-sls-sinterizado-laser-selectivo/>

Impresora 3DPrinter. (s.f.). Impresora 3D SLS (Sinterizado Láser Selectivo). Obtenido de <http://impresora3dprinter.com/impresoras-3d-argentina/impresora-3d-sls-sinterizado-laser-selectivo/>

Impresoras 3D. (2013<sup>a</sup>). ¿Qué es y para qué sirve una impresora 3D? Disponible en:. Obtenido de <http://www.3dimpresoras3d.com/que-es-una-impresora-3d/>

Impresoras 3D. (2013b). Pros y contras impresión 3D. Obtenido de <http://www.3dimpresoras3d.com/pros-y-contras-impresion-3d/>

Impresoras 3D. (2013c). SLS Y SLA: Qué son y en qué se distinguen. Obtenido de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102843079-sls-y-sla-que-son-y-en-que-se-distinguen>

Imprimalia 3D. (2015). Impacto y Potencial de la Impresión 3D en la ocupación. Barcelona: Barcelona Activa.

Internacional Metalmecánica. (2014). Tecnologías 3D útiles también en la educación. Obtenido de <http://www.metalmecanica.com/temas/Tecnologias-3D,-utiles-tambien-en-la-educacion+98546>. Tecnologías 3D, útiles también en la educación

Knips, C. e. (s.f.). FabLabs, 3D-printing and degrowth – Democratisation and deceleration of production or a new consumptive boom producing more waste?

Magi, F. (2015). Impresión 3D: Aportes para una revolución económica y social. Universidad de Palermo. Escuela de Diseño Industrial.

Manzanasy3D. (2015). Manzanasy3D. Obtenido de <https://manzanasy3d.com/la-impresion-3d-en-la-educacion/>

Medina Porras , C. A. (s.f.). Impresora 3D para realizar prototipos industriales.

Mier, & Espinosa. (2014). Avances en RepRap impresión 3D de código abierto. Ingeniería del diseño. v 89. n 1.

Miyamoto, O. (s.f.). Impresión 3D. Hagalo usted mismo. Obtenido de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/203/impresion-3d>

Miyamoto, O. (s.f.). Impresión 3D. Universidad nacional autónoma de México. Disponible en: Obtenido de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/203/impresion-3d>

Neto. (2017). Obtenido de <http://www.neoteo.com/wings-3d-modelando-por-subdivision-de-poligonos/>

Nota de futuro. (2016). Impresoras 3 D. Obtenido de [http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local\\_repository/documents/17854.pdf](http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf)

Oyanedel. (2013). Los 7 usos más innovadores de las impresoras 3D. Obtenido de <https://www.fayerwayer.com/2013/07/los-7-usos-mas-innovadores-de-las-impresoras-3d/>

Papagni, L. (2015). Impresión 3D como impacto político, económico y social de una ciudad. papagni.

Pereira, J., & Robledano, J. (2013). Uso de tecnologías 3D en la digitalización y difusión de contenidos de alto valor patrimonial. *El profesional de la información*. v. 22, n. 3.

Proyecto Recicla 3D. (2014). Tecnología de Modelado por Deposición Fundida (FDM). Obtenido de <https://recicla3dplabs.wordpress.com/2014/09/26/tecnologia-de-modelado-por-deposicion-fundida-fdm/>

Queijo, J., Silva, K., & Silva, M. (2013). Impresoras 3D revolución tecnológica o social. Discursos y comunicación de la cultura científica.

Ramón et al. (2014). El uso de los Entornos Virtuales 3D como una herramienta innovadora en propuestas educativas mediadas con tecnología Instituto de Investigación y Transferencia en Tecnología (ITT), Escuela de Tecnología, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia d.

Ramos. (2010). Diseño 3D. conceptos básicos. Obtenido de <http://www.forosdelweb.com/f63/disenio-3d-conceptos-basicos-849945/>

Rhinoceros. (s.f.). Obtenido de <https://www.rhino3d.com/>

Rodríguez, J., Jérez, R., & Gómez, G. (2014). Impresión 3D del laboratorio a casa. programa de divulgación científico tecnológica de impresión 3D. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Rodríguez, M. (2015). La revolución de la impresión 3D: órganos, ropa, prótesis... y todo lo que puedas imaginar. Obtenido de <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/avances-tecnologicos/la-revolucion-de-la-impresion-3d>

Salvador, O. (s.f.). Impresión 3D. Universidad nacional autónoma de México. Disponible en:

Obtenido de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/203/impresion-3d>

Sanchez. (2015). Impresión 3D por Estereolitografía. Obtenido de

<http://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>

Santamaría, L., & Mendoza, J. (2009). Herramienta en 3D para el modelado de escenarios virtuales

basados en logo. Grupo de Investigación GIBRANT Universidad Santo Tomás Tunja seccional Tunja. Vol. 19-2. Tunja.

Santos Gómez, S. (2014). Incorporación de la tecnología 3D a las enseñanzas de las asignaturas

de conservación-restauración de bienes culturales y a las vinculadas al ámbito escultórico. Trabajo de Grado. Madrid.

Sculpteo. (s.f.). ¿Qué puede hacer la impresión 3D? . Obtenido de

<https://www.sculpteo.com/es/impresion-3d/introduccion-la-impresion-3d/>

Sculpteo. (s.f.). Utilice la impresión 3D para sus dispositivos de procesamiento de alimentos.

Obtenido de <https://www.sculpteo.com/es/aplicaciones/industria-alimentaria/>

Semana. (2011). Impreso en 3D. Semana.

Solís, M., & Alarcón, E. (2016). Uso de impresoras 3D en el ambito educativo de Colombia. Redes.

Tecnología 3D para salvar vidas. (2012). Tecnología 3D para salvar vidas. Gestión practica de riesgos laborales. No. 99.

*TICBeat*. (2015). Obtenido de Ventajas de tener una impresora 3D en clase:

<http://www.ticbeat.com/educacion/ventajas-de-tener-una-impresora-3d-en-clase/>

Torre, R. (2013). Breve introducción a la impresión 3D. Centro de Arte y Creación Industrial.

Obtenido de <http://www.laboralcentrodearte.org/es/files/2013/bloglaboral/breve-introduccion-a-la-impresion-3d>

Travieso, Jerez-Mesa, & Gómez. (2014). Impresión 3D del laboratorio a casa. Programa de

divulgación científico-tecnológica sobre la tecnología de impresión 3D.

UniMOOC. (2015). Seis aplicaciones de las impresoras 3D. Recuperado el 16 de Abril de 2015, de <http://www.unimooc.com/6-aplicaciones-de-las-impresoras-3d/>

Vazhnov, Andrei. (2013). Impresión 3D Cómo va a cambiar el mundo.

Wing3D. (2017). Obtenido de <http://www.wings3d.com/>

Woodson, T. S. (2016). 3D Printing for Sustainable Industrial Transformation. . Development, 1-6.

Wyman, O. (2014). La tecnología 3D podría reducir el costo de las piezas de sustitución en la aviación. Business wire.

XYZPrinting. (2017). Escaner 3D. Obtenido de <https://www.xyzprinting.com/en-GB/>