

**DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA  
3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL****MECHANICAL DESIGN FOR OPTIMIZATION OF AN  
EXPERIMENTAL TYPE CNC 3D PRINTER**Víctor Ramírez Montemayor<sup>1</sup>Ezequiel Roberto Rodríguez Ramos<sup>2</sup>Ovidio Alberto Ochoa Ochoa<sup>3</sup>Adrián Mendoza Ayala<sup>4</sup>**RESUMEN**

Se realizó un diseño mecánico de una pieza denominada “Build Plate” para impresora 3D tipo CNC. El diseño mecánico propone la mejora en la distribución de los puntos de sujeción llamada tipo triangular. La funcionalidad del diseño se llevó a cabo mediante 2 ensayos de simulación. Los ensayos estáticos muestran los estados de deformación generados por 2 objetos bajo distintas dimensiones y mismas condiciones de impresión. Los resultados de las simulaciones muestran las deformaciones al momento de la transferencia de carga en la placa de impresión. La inestabilidad de la placa fue corregida mediante este sistema de sujeción, mostrando que la zona donde se llevó a cabo la impresión de objetos no sufre deformaciones. Finalmente, la inestabilidad en el sistema debido a un efecto de resonancia causado por la vibración del motor de extrusión no tuvo efecto en el proceso de impresión 3D.

**Palabras clave:** ensayo estático, impresora 3D, simulación

**Fecha de recepción:** 04 de octubre, 2021.

**Fecha de aceptación:** 29 de octubre, 2021.

<sup>1</sup>Profesor Tiempo completo, Perfil Prodep. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [victor.ramirezmnt@uanl.edu.mx](mailto:victor.ramirezmnt@uanl.edu.mx)

<sup>2</sup>Profesor Tiempo completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [ezequiel.rodriguezrm@uanl.edu.mx](mailto:ezequiel.rodriguezrm@uanl.edu.mx)

<sup>3</sup>Profesor Tiempo completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [ovidio.ochoaoc@uanl.edu.mx](mailto:ovidio.ochoaoc@uanl.edu.mx)

<sup>4</sup>Profesor Tiempo completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [adrian.mendozaaayl@uanl.edu.mx](mailto:adrian.mendozaaayl@uanl.edu.mx)



## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

### ABSTRACT.

We have made the mechanical design of a piece called "Build Plate" for a CNC type 3D printer. For the mechanical design, an improvement in the distribution of the fastening points (triangular type) was proposed. The functionality of the design was carried out 2 tests by simulation. The static tests had the purpose of observing the deformations generated by 2 different bodies that assimilate a functioning under normal conditions, the results were satisfactory since no significant deformations were observed. With the results obtained in the static tests, it is possible to state that the design complies with the attributes to correct the instability in the printer system and assist in the correct operation. The operating history maintains that the plate presented instability in the system due to a resonance effect caused by the vibration of the extrusion motor.

**Keywords:** static test, 3D printer, simulation

### INTRODUCCIÓN

Las máquinas de impresión en 3D han revolucionado la tecnología en grandes y diversos sectores productivos, (Blázquez Tobías , Orcos Palma, Mainz Salvador, & Sáez Benito, 2018) afirman que: "Una impresora 3D se define como una máquina que es capaz de realizar réplicas de objetos tridimensionales a partir de un diseño 3D que ha podido ser realizado mediante un software paramétrico CAD (Diseño Asistido por Ordenador) o a partir de un escáner 3D, obteniendo como resultado un sólido tridimensional. Los orígenes de la impresión 3D se remontan a 1976 con la invención de la impresora de tinta". Los avances y adaptaciones sobre el concepto y proceso de la impresión por inyección de tinta hicieron traspasar la barrera de la inyección hacia la utilización de otros materiales para la impresión. Estos avances han continuado desde entonces hasta el momento actual en que las impresoras evolucionan con mucha periodicidad.

Las impresoras 3D utilizan el mismo principio que las impresoras de tinta convencionales, la diferencia radica en que las impresoras en 3D operan con un eje extra, el eje de altitud, con el cual depositan el material deseado en una serie de Capas sucesivas formando un objeto que procede de una información archivo digital (Impresoras 3D, 2018). En la actualidad se utiliza la tecnología para crear un modelo 3D a partir de una imagen y permite que los usuarios prueben un diseño antes de que este invierta en la fabricación del modelo definitivo y la produzca. Evans (2012), menciona diversos y múltiples materiales que pueden utilizarse para imprimir haciendo un énfasis en los termoplásticos como el PLA o ABS debido a su oferta en el mercado y su bajo costo.

Máquinas como impresoras 3D son realmente eficientes y aumentan la productividad de las actividades al poder elaborar varias piezas o modelos en el mismo proceso lo cual agiliza el trabajo. Además de ello, la calidad y definición de una pieza en los detalles del diseño ofrecen un nivel de perfección que el hombre sólo podría acercarse con años de entrenamiento. Otro punto a favor es el de igualdad en series, es decir si un cliente requiere producir cierto número de piezas iguales, la impresora es la candidata ideal debido a su extraordinaria precisión, en cambio realizadas a mano conservarían variaciones y más aún si el modelo es complejo o intrincado. La impresión 3D tiene la capacidad de realizar diseños que no podrían hacerse fabo un proceso de manufactura sustractiva. Esta tecnología permite el diseño de geometrías complejas. Por ejemplo, que un cliente pueda ver la joya antes de su fabricación para estar seguro de que es lo que realmente desea. En caso de que haya cambios, la joyería no habrá asumido altos costos de producción ni habrá invertido material precioso." (Muñoz Mesa & Sánchez Trujillo, 2016).



## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

El entender el funcionamiento, aplicaciones y alcances de estos dispositivos de impresión 3D, hace posible analizar los problemas que suelen presentarse durante la operación y ejecución de estos sistemas. Este sistema mecatrónico está compuesto por elementos electrónicos, térmicos, motores, etapas de potencia, software de programación y mecanismos de precisión mecánica. Estos últimos sufren mayor desgaste físico a consecuencia del uso continuo y de los agentes externos del medio.

En este reporte de investigación se llevó a cabo el diseño una placa de impresión (built plate). Se estudio su desempeño mediante un análisis estático de fuerza aplicada durante un proceso de impresión 3D. La respuesta de un mecanismo o elemento mecánico en un entorno específico de restricciones y cargas se usan estudios estructurales lineales y no lineales como los análisis estáticos lineales. Cuando se aplican cargas a un sólido, el sólido se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Las cargas externas inducen fuerzas internas y reacciones para renderizar el sólido a un estado de equilibrio. En el análisis estático lineal se calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas..." (DASSAULT SYSTEMS, 2018).

Por otro lado, los estudios realizados en los mecanismos de precisión es el análisis de frecuencias en las estructuras de impresión. Debido a que tienden a vibrar a ciertas frecuencias naturales o resonantes. Las frecuencias naturales se asocian a determinadas formas llamadas modales y esta es la que el modelo adopta al vibrar. Dassault Systems (2018) manifiesta: Cuando una estructura es excitada adecuadamente por una carga dinámica con una frecuencia que coincide con una de sus frecuencias naturales, la estructura sufre grandes desplazamientos y tensiones. Este fenómeno se denomina resonancia. En el caso de los sistemas sin amortiguar, la resonancia teóricamente causa movimiento ilimitado. La amortiguación, sin embargo, pone un límite a la respuesta de las estructuras debido a las cargas resonantes.

Los estudios de frecuencia le ayudan a evitar la resonancia y los sistemas de aislamiento de vibración en el diseño. Además, constituyen la base para evaluar la respuesta de sistemas dinámicos lineales donde la respuesta de un sistema a un entorno dinámico se presupone que es igual a la suma de las contribuciones de los modelos utilizados en el análisis.

### JUSTIFICACIÓN

La impresión 3D conocida como manufactura aditiva se ha convertido en un proceso de fabricación que presenta varias ventajas. Lo anterior debido a que podemos llevar a cabo la fabricación de geometrías complejas que no pueden ser resueltas con una manufactura convencional. Otra de las principales ventajas es la disminución de residuos en la fabricación, ya que los materiales usados en algunos casos pueden ser reciclados. Sin embargo, el buen desempeño de un dispositivo depende del funcionamiento correcto de los elementos que lo componen. Entender cómo trabaja cada elemento de un sistema permite llevar a cabo correcciones preventivas y correctivas para que el sistema rinda al máximo en su proceso de operación. En recientes años la aplicación de la impresión 3D ha sido utilizado en diferentes campos de la investigación. La microtecnología nos hace pensar en la construcción de dispositivos a microescala. Sin embargo, en un proceso de fabricación como este, el control de las dimensiones geometría y el desempeño se vuelven claves. En este proyecto de investigación de propuso un estudio del diseño de una placa de impresión para corregir inestabilidades en el proceso de impresión y finalmente se realizó un estudio estático de las cargas aplicadas al sistema de impresión. Lo anterior para garantizar un buen desempeño de una impresora 3D en la fabricación de microdispositivos.

## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

### METODOLOGÍA

#### Impresora Mini Metal Maker (MMM)

La impresora usada en este proyecto de investigación es MMM tipo CNC para la corrección de problema de estabilidad en proceso de impresión 3D.

La impresora MMM (figura 1) se puede utilizar para extruir prácticamente cualquier material viscoso ejemplo chocolate, arcilla metálica etc. Utiliza un mecanismo de extrusión completamente electromecánico y es capaz de entregar más de 300 libras de fuerza al pistón de un cartucho de arcilla precargado.

Durante el proceso de impresión, la presión de la arcilla se puede modular rápidamente, lo que permite un inicio y parada casi instantáneos del flujo de arcilla. Esto permite que MMM produzca impresiones de la misma manera que una máquina FDM de extrusión de plástico tradicional y con resoluciones en el rango de 300 a 100 micras por capa.

#### Placa de impresión de la impresora MMM

La placa "Built Plate" sufre vibraciones no deseadas que ocasionan una mala impresión en el proceso de extrusión del material viscoso. Se identificó que dicha vibración es originada por el funcionamiento del motor de extrusión (dicho motor es un Step Motor 12V convencional) y transferida a la placa debido a una sujeción ineficiente y no equitativa tal como se muestra en la Figura 2. Por lo cual el objetivo de esta investigación es realizar una optimización en el diseño mecánico.

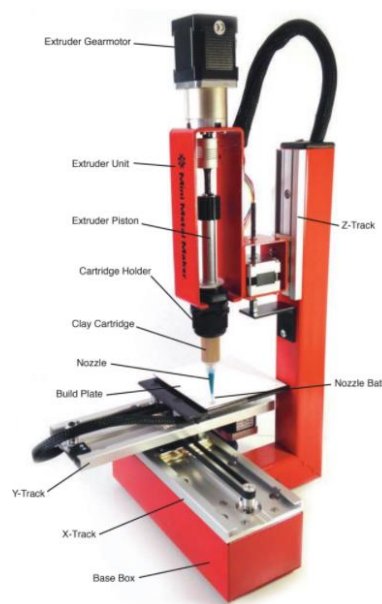
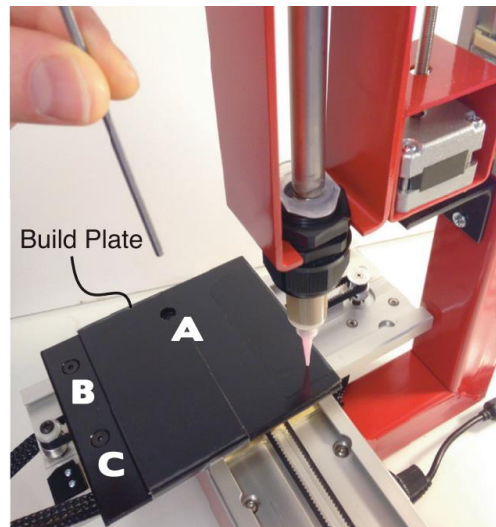


Figura 1. Mini Metal Maker.

## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

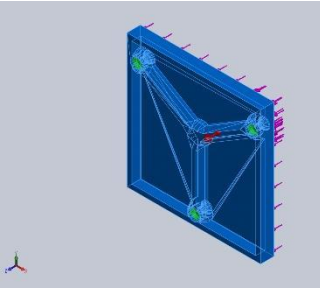


**Figura 2. “Built Plate”.**

### Diseño mecánico de placa de impresión

La placa diseñada tiene una geometría cuadrangular de 10 cm x 10 cm de área de impresión. En su interior consta de un sistema de sujeción triangular. El ángulo comprendido entre cada punto de sujeción es de  $120^\circ$ , para distribuir uniformemente la carga durante un proceso de impresión 3D. El material utilizado para su fabricación es acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). La placa fue construida por la técnica de modelado por deposición fundida. La tabla 1 muestra algunas de las propiedades mecánicas del material empleado para la fabricación de la placa de impresión.

**Tabla 1. diseño del built plate y propiedades del material de impresión**

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS</p> <p>Isotrópico elástico lineal: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: <math>3 \times 10^7 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Módulo elástico: <math>2 \times 10^9 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: <math>1020 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Módulo cortante: <math>3.189 \times 10^8 \text{ N/m}^2</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Sólido 1</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Ensayos de estática</b></p>

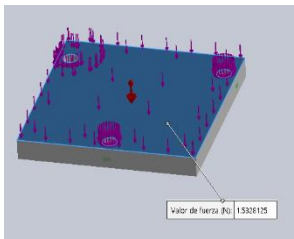
## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

### Cargas y Sujeciones

La sujeción de la placa de impresión se lleva a cabo mediante 3 tornillos. La zona donde están colocados los tornillos (imagen tabla 2). Las regiones donde están ubicados los tornillos es considerada zona crítica, debido a que se someten a esfuerzos cortantes que pueden fracturar la placa de impresión.

El análisis estático llevo a cabo considerando que la placa fue sometida a esfuerzo normales. Debido a que en el proceso de impresión 3D, la carga a la que está sometida la placa de impresión es el peso del material extruido sobre la misma (imagen tabla 2). Los esfuerzos normales permiten determinar las deformaciones normales de la placa cuando el sistema está en operación. La impresión de objetos se realiza en el centro de la placa para distribuir la carga de manera uniforme sobre el área de la placa de impresión (datos tabla 2).

**Tabla 2. Cargas aplicadas par ensayos estáticos**

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 3 cara(s) Tipo: geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	$-9.16 \times 10^{-5}$	$-2.78 \times 10^{-5}$	-12.743	12.743
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

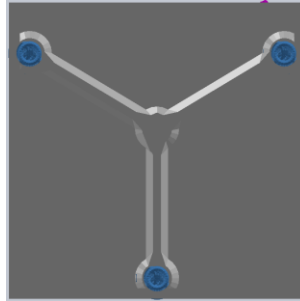
### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la simulación de los ensayos estáticos y de frecuencia fueron llevados a cabo mediante el programa de Solid Works Simulations 2018 para determinar el desempeño de la impresora trabajando bajo estas mejoras.

## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

### Ensayo estático

La sujeción de la placa se lleva cabo mediante 3 tornillos como se muestra en la figura 3. La placa presenta estabilidad y no presenta dinámica de movimiento, asegurando un buen amarre de los tornillos. Finalmente, al ejercer fuerza para fijar los tornillos no se observa deformación ni fractura por parte de la placa de impresión.



**Figura 3. Sujeciones fijas del Built Plate**

### Agentes externos

Los elementos que son extruidos por la impresora MMM llamados agentes externos que son las cargas adicionales a las que será sometida la placa de impresión durante el proceso de impresión. En este análisis se consideró como material de impresión chocolate. El chocolate tiene una densidad de  $1250 \text{ kg/cm}^3$ . El objeto impreso es un cubo de 5 mm de arista, volumen de impresión  $1.25 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ . Se determinó el peso del chocolate 1.5332 N (fuerza de gravedad) para incluir el análisis en la simulación. Los cálculos de masa y volumen se realizaron mediante la ecuación 1 y ecuación 2.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:  $\rho$  = densidad,  $m$  = masa y  $V$  = volumen.

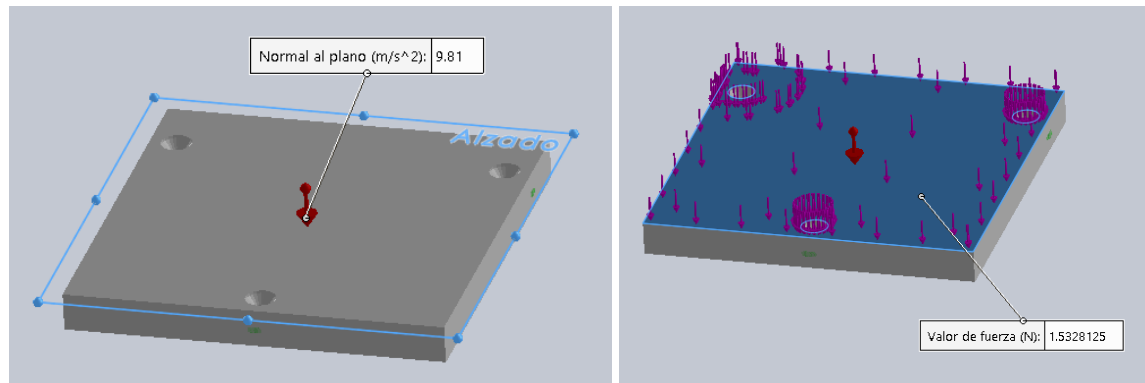
$$W = mg \quad (2)$$

Donde:  $W$  = peso y  $g$  = gravedad

Para la carga inducida por chocolate se observa que no hay deformación de la placa de impresión por lo que las condiciones para este material son ideales para su operación de la impresora 3D (figura 4). Lo anterior, ocurre también de manera favorable en los puntos de sujeción.

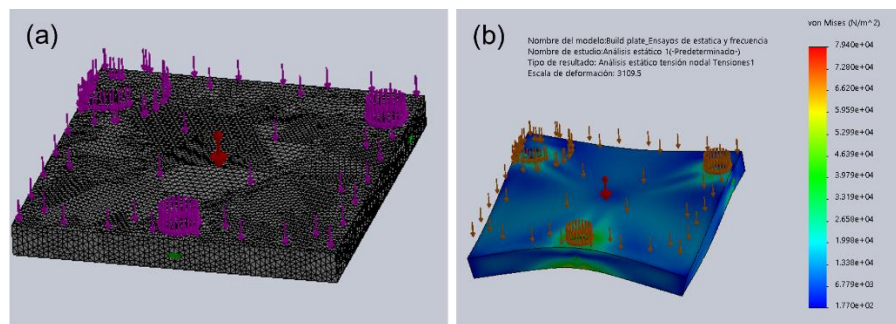


## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL



**Figura 4. Constante gravitatoria sobre el elemento y fuerza provocada por cubo de 5 mm de arista.**

Para el análisis de simulación es considerado un mallado tipo solido el cual se basa en las curvaturas que genera resultados de manera eficiente (figura 5a).

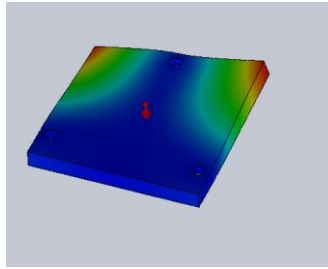


**Figura 5. Mallado sólido basado en curvatura y simulación de ensayo estático.**

La figura 5b muestra los resultados de las simulaciones de los ensayos estáticos llevados a cabo sobre el built plate. Pequeñas deformaciones están presentes. Sin embargo, se vuelven insignificantes debido a que están fuera del rango de carga aplicada en el proceso de impresión. El inicio de la deformación se lleva a cabo donde están colocados tornillos de sujeción. Esto es debido a que se generan mayor cantidad de esfuerzos al aplicar la carga en la placa de impresión como consecuencia una deformación sobre la misma.

Por otro lado, el diseño de plato de impresión 3D con configuración de sujeción de tres puntos, permite una distribución de carga sobre la superficie del área de impresión. Lo anterior se ve reflejado en la estabilidad sobre el plato que mantiene la misma carga en cada punto que se hace contacto el material de impresión con el plato de construcción (figura 6).

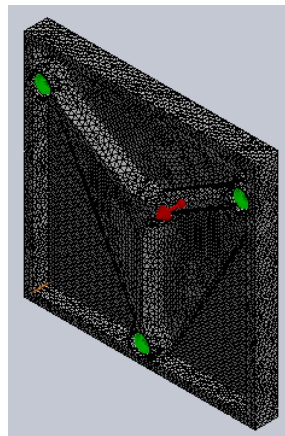


**DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC  
DE TIPO EXPERIMENTAL**

**Figura 6. Vista en alzado del resultado del ensayo.**

### **Análisis de frecuencia**

La última etapa de simulación corresponde a el ensayo de frecuencia donde se visualiza si el diseño sufre el efecto de resonancia en caso de alcanzar una vibración en su frecuencia natural. Como se indica en la figura 7 se agregan las variables a las que estará sometida la placa de la misma manera que en ensayos anteriores. Los resultados son favorables (Escala de deformaciones muy bajas) lo que sustenta que el diseño es óptimo y puede corregir el problema generado por la vibración del motor a pasos que extruye el material.



**Figura 7. Malla basada en curvatura correspondiente al ensayo de frecuencia.**

### **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en el proceso de diseño mecánico y simulaciones es posible declarar que el objetivo general del proyecto de mejorar el desempeño mecánico de la placa de impresión durante el proceso de impresión se llevó de manera satisfactoria.

El diseño de sujeción triangular permite distribuir la carga en la placa de manera uniforme. Así mismo la sujeción de la placa no presenta dinámica de movimiento esto evita vibraciones en la placa durante el proceso de impresión 3D.

## DISEÑO MECÁNICO PARA OPTIMIZACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D CNC DE TIPO EXPERIMENTAL

Por otro lado, los resultados de análisis estático en la placa de impresión muestran esfuerzos normal y deformaciones en la zona de sujeción. Sin embargo, su magnitud de este esfuerzo está por debajo del esfuerzo normal al que está sometido la placa en el proceso de impresión. Así mismo los resultados de frecuencia indican que no hay deformaciones significativas en la placa. Concluyendo que el proceso de impresión bajo estas mejoras dará mejor desempeño de la impresora 3D.

Finalmente, las mejoras llevadas a cabo en el sistema de impresión 3D. Permiten pensar en la impresión de objetos de dimensiones de milímetros. Esto abre la posibilidad de la fabricación de dispositivos tecnológicos de bajas dimensiones.

## BIBLIOGRAFÍA

IBlázquez Tobías, P. J., Orcos Palma, L., Mainz Salvador, J., & Sáez Benito, D. (Mayo de 2018). Propuesta metodológica para la mejora del aprendizaje de los alumnos a través de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en el aprendizaje basado en proyectos. *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 8(1), 162-193.

DASSAULT SYSTEMS. (2018). *Help SolidWorks*. Obtenido de [http://help.solidworks.com/2018/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_Frequency\\_Analysis.htm?id=5f9dd740ba734907b0e3fcfe6e879915#Pg0](http://help.solidworks.com/2018/spanish/SolidWorks/cworks/c_Frequency_Analysis.htm?id=5f9dd740ba734907b0e3fcfe6e879915#Pg0)

DIVERSIDADTOOLS. (2015). *DIVERSIDADTOOLS*. Obtenido de <http://diversidadtools.blogspot.com.es/2015/05/la-impresion-3d-o-fabricacion-ditiva.html>

Evans, B. (2012). *Practical 3D Printers The Science and Art of 3D Printing*. Technology in action. Impresoras 3D. (1 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.impresoras3d.com/breve-historia-de-la-impresion-3d/#>

INFORMACIÓN. (23 de Mayo de 2016). Obtenido de <https://www.informacion.es/vida-y-estilo/salud/2016/05/23/crean-protesis-mano-impresora-3d-6146494.html>

Local Motors. (2017). Obtenido de <https://localmotors.com/3d-printed-car/>.

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson.

Muñoz Mesa, L., & Sánchez Trujillo, J. H. (Julio-Diciembre de 2016). El impacto de la impresión 3D en la joyería. *Lámpsakos*(16), 89-97. doi:10.21501/21450886.196

Natural Machines. (2017). Obtenido de <https://www.naturalmachines.com/>

Pastor, J. (Octubre de 2014). *XATACA*. Obtenido de <https://www.xataka.com/makers/un-corazon-impreso-en-3d-ayuda-a-salvar-la-vida-de-un-bebe-de-dos-semanas>

Ponce, R. V. (2016). *Impresoras 3D: marco teórico, modelos de desarrollo y campos de aplicación*. Recuperado el 14 de 5 de 2021, de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/10513>

Valverde Ponce, R. (2016). *IMPRESORAS 3D: Marco teórico, modelos de desarrollo y campos de aplicación. Tesis*.

