



## ANÁLISIS Y REDISEÑO DE UNA IMPRESORA 3D TIPO CARTESIANA

**Mario Ricardo Cruz Deviana**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial  
mariorcruzd@tese.edu.mx*

**Guadalupe Olmedo Obrero**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial  
guadalupe-olmedo@tese.edu.mx*

**Arturo Aguilar Pérez**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
División de Ingeniería Química y Bioquímica  
arturo2020@tese.edu.mx*

**Erick Axel Padilla García**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial  
erick\_garcia@tese.edu.mx*

**María Concepción Rosas Amaro**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial  
202110114@tese.edu.mx*

### Resumen

*El rediseño de elementos mecánicos y de maquinaria es un proceso continuo que es fundamental para la obtención de productos de calidad. Esta mejora permite aumentar la eficiencia con el propósito de reducir costos, disminuir los tiempos de manufactura en procesos industriales, y de manera simultánea, incrementar la durabilidad de las máquinas. Para mejorar la apariencia y obtener las dimensiones nominales adecuadas de los elementos fabricados mediante el proceso MDF, se propone un estudio con el objetivo de mejorar el proceso de prototipado de una impresora 3d tipo cartesiana, el cual considera un análisis dimensional de una pieza. Posteriormente, se plantea una redistribución de componentes y la integración de sistemas mecánico-electrónicos para mejorar el desempeño de la impresora.*

*Palabras clave: Rediseño, Impresión 3D, Elemento finito, PLA.*

Dentro del área de la ingeniería mecánica, la manufactura aditiva ha proporcionado soluciones mediante diferentes procesos de fabricación, como es la sinterización, la estereolitografía y la deposición de material fundido. Estas técnicas se desarrollan mediante impresoras 3D con diferentes tipos de configuración, siendo las más comunes, la estructura tipo cartesiana y la delta [1], que ya ha mostrado mejoría con algunas modificaciones [2], [3], [4].

Actualmente, estos dispositivos aún presentan problemas técnicos antes, durante y al finalizar el prototipado, como es la adherencia de la primera capa, la deformación de la pieza, la obstrucción de la boquilla y la estética de los elementos. Al modificar algunos componentes de la estructura [5] o ajustar parámetros específicos, se puede lograr una mayor precisión en las dimensiones de las piezas manufacturadas, reduciendo las capas visibles y obteniendo resultados aún más detallados [6].

Un rediseño a la configuración que proporciona el fabricante puede mejorar la gestión del proceso, lo que se traduce en un menor tiempo de impresión sin comprometer la calidad de los elementos [7].

**Metodología**

En la presente investigación se propone el desarrollo de la siguiente metodología, dada por la Figura 1.



Figura 1. Metodología para el rediseño de una impresora 3D.

Considerando una impresora 3D tipo cartesiana y utilizando un software CAD, es posible analizar el diseño y proponer soluciones en la estructura mediante el cambio de ubicación de elementos que influyen en el proceso de manufactura.

La configuración de fábrica de la impresora se observa en la Figura 2.

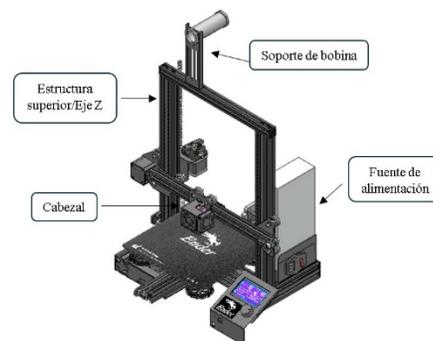


Figura 2. Modelo CAD de impresora 3D cartesiana.

Se pueden observar los componentes, como el soporte de la bobina, la fuente de alimentación, y la estructura de aluminio donde se instala el eje z y el cabezal. Para el análisis dimensional se proponen el uso de ácido poliláctico, y se utilizan los siguientes parámetros en un software de manufactura aditiva 3D convencional, dado por los valores que se observan en la tabla 1.

Material	PLA
Diámetro de boquilla	0.4 mm
Altura de capa	0.2 mm
Número de paredes	4
Densidad	50%
Patrón de relleno	Rejilla

Velocidad	90 mm/s
Temperatura	200 °C

Tabla 1. Valores de los ajustes de impresión para experimentación.

En esta etapa se utilizó un cubo de calibración con una dimensión de 25 mm en cada uno de los ejes (x, y, z) para la obtención de datos. De acuerdo con la ficha técnica de la impresora, la velocidad máxima de impresión es de 180 mm/s. En el experimento se fabricó un total de 10 cubos, con un tiempo de manufactura de 1 hora y 12 minutos, obteniendo los valores que se pueden observar en la Figura 3.

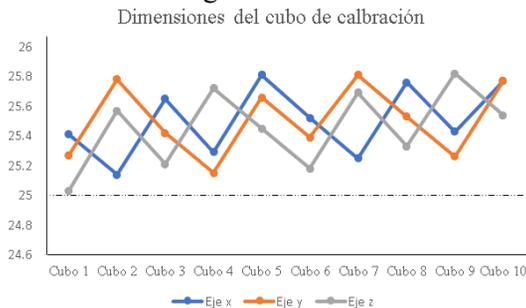


Figura 3. Valores dimensionales del cubo de calibración para eje x, y, z.

La gráfica muestra la desviación que existe entre las dimensiones nominales y las dimensiones físicas de los ejes del cubo, esto se da mediante la siguiente expresión:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Donde:

$$s^2 = \sum (x_i - \bar{x}) / (n - 1)$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$(x_1 - \bar{x})^2, (x_2 - \bar{x})^2, \dots, (x_n - \bar{x})^2$$

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$$

Esto significa que existe una desviación de 0.2415 mm en el eje x,

0.2377 mm en el eje y, y 0.2605 mm en el eje z respecto al valor nominal. Cuanto mayor sea el valor de la desviación, mayor será la dispersión de las dimensiones respecto a los 25 mm para cada uno de los ejes.

Esto puede ocasionar que elementos fabricados mediante una impresora de este tipo presente problemas en su funcionamiento, principalmente, en piezas con precisión milimétrica, donde es necesario realizar ensambles, lo que generaría retrabajo, y tiempos de fabricación prolongados.

### Propuesta de redistribución de elementos

La reubicación de componentes de la impresora tiene como propósito comprobar si existe una correlación de la variabilidad dimensional y la ubicación de estos elementos y, en caso de ser así, obtener una configuración adecuada para disminuir el valor obtenido para los ejes mediante  $s = \sqrt{s^2}$ . Se propone la reubicación del soporte de la bobina de filamento hacia en el lado derecho de la base y, al mismo tiempo, desplazar la fuente de alimentación en el derecho extremo de la base, como se muestra en la Figura 4.

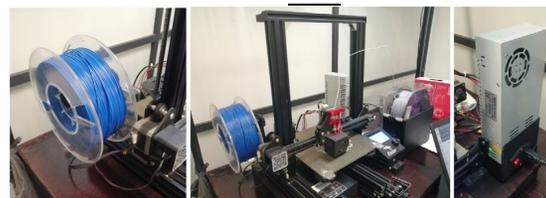


Figura 4. Valores de los ajustes de impresión para experimentación.

Para la reubicación de la fuente de alimentación fue necesario el desarrollo de componentes que permitan su integración en la estructura mediante manufactura aditiva. Al realizar una segunda impresión de 10 cubos de calibración considerando los mismos valores en

los ajustes de impresión, se obtuvieron las siguientes gráficas que se muestran en la Figura 5.

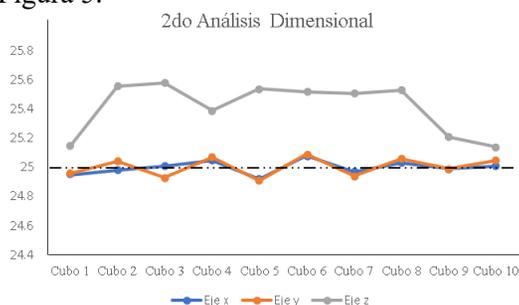


Figura 5. Valores dimensionales del cubo de calibración para eje x, y, z posterior a la reubicación de soporte de la bobina y fuente de alimentación.

Se puede observar que la variabilidad en el eje x y disminuyó, mientras que los datos para el eje z mantuvieron una desviación similar al primer análisis. La desviación estándar al eje x quedó en 0.2179 mm, 0.2563 mm para el eje y, y 0.4220 mm para el eje z.

De manera simultánea, se puede apreciar que existe una correlación entre la desviación de cada eje, esto podría significar que si un eje no está trabajando de manera adecuada o no se encuentra calibrado, puede afectar el comportamiento de los 2 ejes restantes.

Con la intención de realizar un 3er análisis y disminuir la desviación en el eje z, se instaló un segundo motor con varilla apoyado en el marco de aluminio de la impresora, esto para generar una extrusión estable. De acuerdo con la configuración predeterminada de la impresora, al trabajar con un motor para el eje z, se estaría generando un esfuerzo importante, ya que dicho dispositivo permite la elevación o descenso del eje x. El sistema que se integra en el marco de la impresora incluye un motor nema 17 con un torque de 3.7 kg.cm, una varilla roscada de 3/8 de pulgada de acero galvanizado y un adaptador, como se observa en la Figura

6.

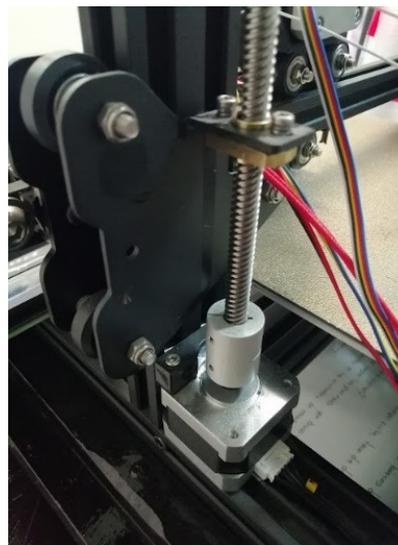


Figura 6. Integración de un segundo eje z en el marco de la impresora 3D (lado derecho).

Para calibrar cada uno de los ejes, se realiza el ajuste de la banda elástica al tensarse para que el eje del motor pueda mover este elemento perteneciente al eje x y y. Para el eje z se integró un sensor de auto nivelación, que permite ajustar la altura de manera automática respecto a la altura de la cama caliente. El proceso de nivelación se desarrolla con un sensor de distancia que mantiene contacto con 9 puntos distribuidos sobre la superficie. Para esto, fue necesario actualizar el software de la impresora mediante los recursos disponibles en la página oficial.

La modificación para el proceso de extrusión de filamento se realiza mediante la implementación de un adaptador en el cabezal. Este adaptador tiene como función mejorar la salida de material al omitir el uso del tubo bowden que sale del extrusor y llega al cabezal, como se puede observar en la Figura 7.

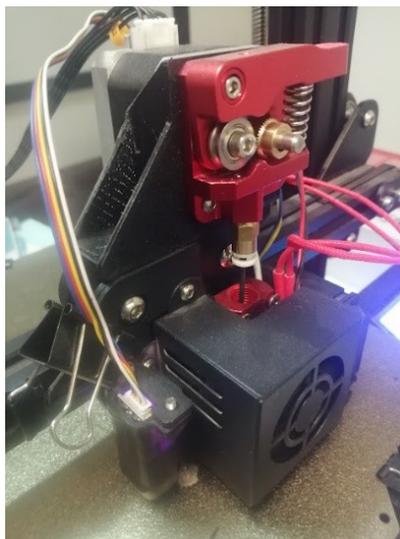


Figura 7. Integración de un segundo eje z en el marco de la impresora 3D (lado derecho).

Un análisis final, dado por una producción de 10 cubos de calibración presenta los datos, que se pueden observar en la Figura 8. La desviación del eje z disminuyó a un valor de 0.0699 mm.

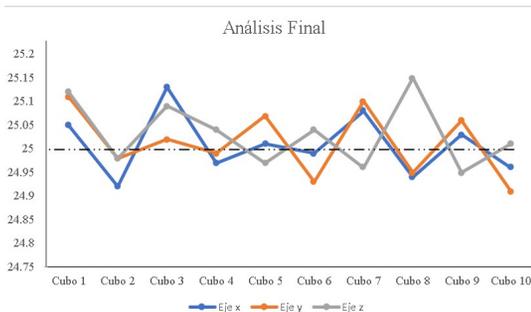


Figura 8. Integración de un segundo eje z en el marco de la impresora 3D (lado derecho).

El límite superior para el eje z tiene un valor de 25.15 mm y para el eje y el límite inferior presenta un valor de 24.93 mm. La desviación es cercana al valor nominal y no superan el valor de 24.9 mm y 25.20 mm. Si se considera la precisión de una máquina CNC de este tipo por +/-0.1mm, se puede observar que el valor nominal de la pieza está en función de la velocidad de trabajo. Esto se debe en parte a las fuerzas inerciales que se generan durante su

funcionamiento, de manera específica, al movimiento generado por los ejes cuando se posiciona el cabezal o cuando existe un cambio de movimiento que involucra aceleraciones en un corto tiempo.

### Manufactura y análisis de deformación del soporte del extrusor

Para la manufactura del soporte del extrusor se consideran los siguientes valores, que se muestran en la tabla 2.

Diámetro de boquilla	0.4 mm
Altura de capa	0.2 mm
Densidad de relleno	100%
Temperatura de extrusión	220 °C
Velocidad	90 mm/s

Tabla 2. Valores de los ajustes de impresión para soporte de extrusor.

El tiempo de manufactura para el soporte queda en 2 horas y 4 minutos. Para esto, se puede mejorar el tiempo de impresión considerando los cambios que se mencionan a continuación. Para la altura de capa se propone modificar el espacio de 0.2 mm a 0.32 mm.

Esto permitiría un mayor espacio entre capas, sin embargo, se debe comprobar que este cambio no repercuta en la rigidez de la pieza. El apartado de densidad no se modifica, dado el esfuerzo al que está sujeto el elemento, un cambio de densidad influiría en el comportamiento de la estructura de manera significativa.

La temperatura de extrusión se mantiene a 220°C, sin embargo, la velocidad se aumenta a 120 mm/s, esto da como resultado un tiempo de manufactura de 1 hora y 17 minutos de fabricación. Para comprobar que los nuevos parámetros no afectan el comportamiento del soporte, se somete a un análisis de elemento finito, donde se puede observar los datos en la Figura 9.

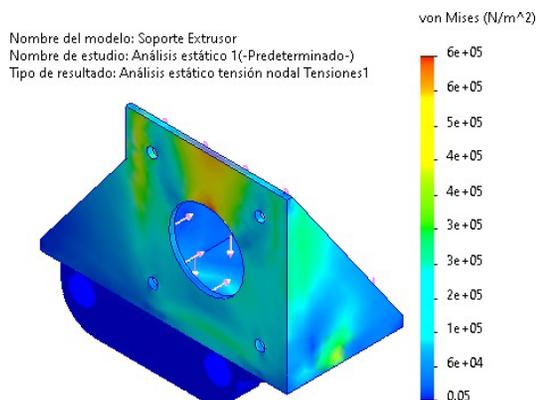


Figura 9. Análisis de elemento finito del soporte del extrusor para motor nema 17.

En la figura se puede observar el área donde se sitúa el esfuerzo ubicado en la parte central del círculo, el esfuerzo máximo dado por una fuerza de 6.35 Nm<sup>2</sup>, se puede apreciar que el esfuerzo generado por el motor nema 17 no interfiere de manera significativa con la estructura del soporte [8].

### Conclusión

El rediseño de elementos mecánicos y maquinaria, como las impresoras 3D, pueden reconfigurarse para mejorar el desempeño de su proceso. La redistribución de elementos permitió disminuir el efecto de las fuerzas inerciales ocasionado por la bobina y la fuente de alimentación. Esto se debe analizar a futuro en un estudio más amplio considerando las vibraciones generadas a una velocidad de 100 mm/s mediante un acelerómetro. Es posible deducir mediante un análisis dimensional el comportamiento de una máquina, esto da la posibilidad de estandarizar el proceso considerando una reconfiguración donde los elementos de gran peso sean reubicados.

### Referencias

- [1] W. Ahmed, H. Alabdouli, H. Alqaydi, A. Mansour, H. Al Khawaja, and H. Al Jassmi, "Open Source 3D Printer: A Case Study."
- [2] A. Nooralhoda, A. Altayeb, A. Azhari, and A. Elagib, "Build Low Cost 3D Delta Printer using Fused Deposition Modeling Technology." [Online]. Available: [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- [3] R. C. Okezie, I. F. Ikechukwu, E. Durumb, C. N. Nwogu, and C. H. Kadurumba, "Design and Development of a Low-Cost Cartesian 3D Printer," *Advances in Engineering Design Technology*, vol. 5, no. 3, pp. 2023–57, 2023, doi: 10.5281/zenodo.10340709.
- [4] A. O. Oluwajobi and F. O. Kolawole, "Development and evaluation of a Fused Filament Fabrication (FFF) 3-D printer," *Nigerian Journal of Technology*, vol. 40, no. 5, pp. 829–836, May 2022, doi: 10.4314/njt.v40i5.8.
- [5] R. B. Kristiawan, F. Imaduddin, D. Ariawan, Ubaidillah, and Z. Arifin, "A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters," Jan. 01, 2021, *De Gruyter Open Ltd.* doi: 10.1515/eng-2021-0063.
- [6] M. Hasan, B. Tasneem, and G. T. Amer, "Design, Fabrication and Testing of a 3D Printer."
- [7] V. Chalupa, M. Stanek, J. Vanek, J. Strnad, and M. Ovsik, "Design of Dual- Head 3D Printer," *Manufacturing Technology*, vol. 23, no. 2, pp. 177–185, 2023, doi: 10.21062/mft.2023.032.
- [8] V. M. Brathikan, S. Balasubramanian, S. Kiranlal, and R. Ravi Ragul, "Design and development of large scale FDM based 3D printer," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2272/1/012016.