

# EVALUACIÓN DE LA IMPRESIÓN POR ESTEREOLITOGRAFÍA PARA REFACCIONES PLÁSTICAS EN MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL, COMO ALTERNATIVA ADEMÁS DE LOS MÉTODOS TRADICIONALES MEDIANTE PRUEBAS MECÁNICAS

## EVALUATION OF STEREOLITHOGRAPHIC PRINTING FOR PLASTIC SPARE PARTS IN INDUSTRIAL MACHINERY AND EQUIPMENT AS AN ALTERNATIVE, IN ADDITION TO TRADITIONAL METHODS, USING MECHANICAL TESTS

**Rubio Salazar Raúl**

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Acuña  
<https://orcid.org/0009-0009-4407-9324>  
[2233PS0064@cdacuna.tecnm.mx](mailto:2233PS0064@cdacuna.tecnm.mx)

**Aldape Rivera Lydia**

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Acuña  
<https://orcid.org/0000-0001-9305-0311>  
[laldape@cdacuna.tecnm.mx](mailto:laldape@cdacuna.tecnm.mx)

**Pineda Rosales Diego De Jesús**

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Acuña  
<https://orcid.org/0009-0000-9155-1331>  
[dpineda@cdacuna.tecnm.mx](mailto:dpineda@cdacuna.tecnm.mx)

**Campos Oyervides Josué De Jesús**

Centro de Investigación En Química Aplicada/CIQA  
<https://orcid.org/0009-0009-1855-6158>  
[josue.campos@ciqa.edu.mx](mailto:josue.campos@ciqa.edu.mx)

**Salcido Celada Mara Dennise**

TecNM/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez  
<https://orcid.org/0009-0006-6754-0812>  
[mara.sc@cdjaurez.tecnm.mx](mailto:mara.sc@cdjaurez.tecnm.mx)

DOI: <https://doi.org/10.61273/neyart.v1i2.136>

| Recibido: 09/09/2023 | Aceptado: 14/10/2025 | Publicado: 15/11/2025

Esta obra está bajo  
una licencia internacional  
Creative Commons Atribución 4.0.



**Resumen--** La presente investigación evalúa la viabilidad y eficacia del uso de la impresión por estereolitografía para la fabricación de refacciones industriales. Para ello, se analizaron propiedades mecánicas como resistencia a la tensión, impacto, flexión, compresión y temperatura de reblandecimiento, así como la capacidad dimensional de piezas impresas. Las pruebas se realizaron siguiendo las normas ASTM correspondientes, y los resultados se compararon con estándares de plásticos tradicionales. Los valores promedio obtenidos para las propiedades mecánicas fueron iguales o superiores a los estándares en algunos casos, mientras que los estudios de capacidad mostraron valores de Cp y Cpk mayores a 1.33 para las dimensiones de ancho y largo, y mayores a 1 para la dimensión de altura. Esto demuestra que el proceso es capaz de producir piezas con precisión dimensional y propiedades mecánicas adecuadas, validando su uso como alternativa viable para reemplazos industriales.

**Palabras clave--** estereolitografía, Pruebas mecánicas, impresión, Cpk, normas ASTM, plásticos.

**Abstract--** This research evaluates the feasibility and effectiveness of using stereolithography 3D printing for the manufacturing of industrial spare parts. Mechanical properties were analyzed such as tensile strength, impact resistance, flexural modulus, compression strength, softening temperature, along with dimensional capability, Tests were conducted following the corresponding ASTM standards, and the results were compared with traditional plastic standards. The average values obtained for mechanical properties were equal to or higher than the standards in some cases. Capability studies showed Cp and Cpk values greater than 1.33 for width and length dimensions, and greater than 1 for height, demonstrating the process's ability to produce dimensionally accurate parts with adequate mechanical properties. These findings validate stereolithography as a viable alternative for industrial replacement applications.

**Keywords--** Stereolithography, Mechanical Testing, Printing, Cpk, ASTM Standards, Plastics.

## INTRODUCCIÓN

La industria actualmente enfrenta constantemente el desafío de mantener sus equipos en funcionamiento óptimo para garantizar la eficiencia en la producción. Sin embargo, la disponibilidad de refacciones específicas y la rápida sustitución de piezas deterioradas o dañadas representan un obstáculo significativo.

Según la nueva encuesta “Valor de la confiabilidad” de ABB, más de dos tercios de las empresas industriales experimentan interrupciones no planificadas al menos una vez al mes, lo que le cuesta a la empresa típica cerca de \$125 000 dólares por hora.

De acuerdo a (Sapio Research, 2023), la una encuesta realizada donde se recopilaron respuestas de 3215 por responsables de mantenimiento de plantas a nivel mundial en los sectores de generación de energía, plásticos, caucho, petróleo, gas, eólica, química, ferroviaria, servicios públicos, marina, alimentos, bebidas, metales y sectores de aguas residuales, Es parte de un informe que proporciona información sobre cómo las empresas gestionan actualmente el mantenimiento y cómo pueden reducir el tiempo de inactividad no planificado.

En este contexto, surgió la pregunta fundamental de; ¿puede la tecnología de impresión por estereolitografía ser una alternativa de solución viable, rápida y rentable para la obtención de refacciones en la industria? La literatura científica actual ha documentado ampliamente las capacidades de la estereolitografía en términos de resolución y diseño.

En esta investigación se propuso evaluar la viabilidad y eficacia de utilizar la impresión por estereolitografía como método para fabricar refacciones de equipos. Se planteó analizar las capacidades de esta tecnología en términos de precisión, resistencia y durabilidad, con el objetivo de determinar si puede ser una alternativa práctica para sustituir las refacciones originales. La importancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar los tiempos y costos de reemplazo de refacciones en la industria aun y cuando no se abordan de manera directa los costos de producción y logística.

La industria asigna entre un 8% y un 60% del precio de venta a las cuestiones de logística (Jarzemskis A. 2025), este estudio busca ofrecer una solución integral a los desafíos que enfrentan las empresas en este sector. Mediante la exploración de la tecnología de impresión por estereolitografía y su aplicación específica en la fabricación de refacciones, esta investigación no solo busca resolver problemas prácticos en la industria, sino también proporcionar una comprensión más detallada y actualizada sobre su potencial y mejores prácticas. Esto, a su vez, puede tener un impacto positivo en la economía, la eficiencia operativa y la capacidad de las empresas para mantener empleos y operaciones en un mercado altamente competitivo y en constante evolución.

Este trabajo busca forjar un camino a seguir para aquellos quienes intentan aprovechar las ventajas de la impresión por estereolitografía, ya que se define una metodología que puede ser usada en diferentes

variantes es decir diferentes tipos de plásticos y diferentes tipos de resina a evaluar usando para este fin la hipótesis básica planteada en esta investigación. Los valores promedio de tensión, impacto, flexión, temperatura de reblandecimiento y compresión obtenidos de las probetas de plástico son iguales o mayores a los valores estándar de alguno de los tipos de plástico de la muestra.

#### Objetivo general

Evaluar la posibilidad y la eficacia de utilizar la impresión por estereolitografía para la fabricación de reemplazos de refacciones plásticas para equipos en la industria.

#### Objetivos específicos

- Analizar las capacidades de la impresión por estereolitografía de resina para poder sustituir las refacciones originales, proporcionando información detallada sobre las capacidades técnicas de la impresión.
- Realizar un estudio detallado de capacidad dimensional con el objetivo de evaluar y analizar la precisión de las dimensiones obtenidas a través del proceso de impresión por estereolitografía de resina, comparándolas con las dimensiones esperadas o diseñadas.

### JUSTIFICACIÓN

La investigación se enfoca en el estudio de una alternativa para reemplazo de refacciones mediante el análisis de las propiedades mecánicas de 5 muestras para a futuro hacer pruebas piloto para la impresión de las mismas por estereolitografía, evaluando parámetros de resistencia y precisión de las piezas, así como tiempos de respuesta, exponiendo la eficiencia de este nuevo método de reemplazo. Esta investigación es útil para proporcionar una solución innovadora para la fabricación de piezas de repuesto, beneficiando a diversas industrias. La trascendencia de esta investigación para la sociedad es significativa, ya que aborda problemas críticos en la cadena de suministro y mantenimiento industrial que impactan directamente en la creación o permanencia de empleos.

Muchos sectores podrían verse beneficiados tales como y no limitados a empresas de manufactura, mantenimiento industrial, sectores automotriz, aeroespacial y médico.

El beneficio más tangible será que las empresas podrán reducir costos y tiempos de inactividad, manteniendo operaciones eficientes y competitivas al contribuir en la reducción de los costos de logística relacionados a la transportación de piezas por los métodos tradicionales comparados contra la impresión en el punto de uso.

Esta investigación ayudará a resolver varios problemas prácticos tales como:

- Escasez de Piezas de Repuesto: Permite la fabricación de piezas específicas según la demanda, especialmente para equipos antiguos o personalizados.
- Personalización y Diseño Complejo: Facilita la creación de piezas personalizadas y con diseños complejos, esenciales en muchas aplicaciones industriales.

La investigación llenará varios vacíos de conocimiento ya que los resultados podrían generalizarse para desarrollar principios más amplios sobre la fabricación aditiva y su aplicabilidad.

También la información obtenida puede servir para revisar, desarrollar o apoyar teorías existentes sobre la impresión 3D y la estereolitografía, además, permitirá conocer en mayor medida el comportamiento de variables como resistencia, costo y tiempo en la fabricación de piezas. Sin dejar pasar por alto que ofrece la posibilidad de una exploración profunda sobre la eficiencia de la estereolitografía en diversos entornos industriales, además que sugerirá ideas, recomendaciones e hipótesis sobre tecnologías de fabricación avanzada.

La investigación también contribuirá metodológicamente ya que podría ayudar a crear nuevos instrumentos para recolectar y analizar datos sobre la fabricación por estereolitografía y contribuirá a la definición y comprensión de conceptos relacionados con la impresión 3D y las variables involucradas. Logrará mejoras en la forma de experimentar con la impresión por estereolitografía, optimizando el proceso. Sugerirá cómo estudiar más adecuadamente poblaciones industriales que utilicen esta tecnología.

## **DESARROLLO**

Esta investigación es de tipo aplicada, con diseño exploratorio, cuantitativo, experimental y enfoque deductivo, (Sampieri, et al. 2014). Derivado del propósito de esta investigación, que es lograr un objetivo concreto al intentar probar el método de impresión por estereolitografía como opción para conseguir refacciones para equipos, con una aplicación muy específica en el sector industrial y abordar un problema concreto, se puede determinar que se trata en primera instancia de una investigación aplicada, ya que como lo mencionan (Sampieri et al., 2014, p. XXIV) si la investigación científica cumple uno de los propósitos fundamentales de resolver problemas se considera investigación aplicada, del tipo exploratoria ya que este tipo de tecnología es de reciente creación y queda bastante camino por recorrer (Sampieri et al., 2014, p. 91).

La investigación debe ser considerada de temas o problemas poco estudiados, sin embargo, debe arrojar resultados concluyentes para esta aplicación de la estereolitografía, esta investigación está fundamentada en la información de los datos que arrojaron las pruebas por lo que debe ser considerada cuantitativa ya

que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías(Sampieri et al., 2014, p. 4.)

Se llevaron a cabo experimentos para obtener los valores de las variables que se han propuesto esto nos da un indicativo de que la investigación será del tipo experimental, además de hacer un estudio de capacidad dimensional de esta alternativa (Sampieri et al., 2014, p. 129) define experimental como la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. Al intentar comprobar el uso de un nuevo método de sustitución de refacciones se intenta establecer una ley general que se considera ocurrirá en las situaciones particulares este es signo de que se trata de una investigación del tipo deductivo aseguran que se trata de diseños que se fundamentan en el enfoque cuantitativo y para el paradigma deductivo, (Sampieri et al., 2014, p. 129).

Usando el software SolidWorks (2024) ® se diseñaron cada una de las diferentes probetas necesarias de acuerdo con las especificaciones para luego utilizar el software Halot Box (Ver 3.5.6) para después imprimirlas en la impresora HALOT ONE® de la marca CREALITY®, usando la resina ABS-Like Resin Pro2®.

Se diseñó un formato para cada una de las propiedades mecánicas a registrar, donde se indican las características de la resina tales como nombre, número de lote y fecha de la prueba, en el formato se solicita información propia de cada una de las probetas y espacio para los valores que serán obtenidos en el laboratorio de pruebas para cada una de las 5 probetas.

El proceso de recolección de datos fue el siguiente:

- Consulta de Normas ASTM International e ISO, se inicia con la revisión de normativas y estándares aplicables a la evaluación de materiales y dimensiones tales como ASTM, ISO. Esta etapa permite definir los parámetros de medición y las condiciones de prueba que se deben cumplir,
- Diseño de muestras mediante el software SolidWorks (2024) se diseñan las muestras a imprimir, asegurando que cumplan con las dimensiones y geometrías establecidas. Se emplean programas de modelado CAD para generar los archivos requeridos.
- Impresión de muestras; las probetas son fabricadas mediante impresión 3D por estereolitografía, se realizan mediciones de las muestras impresas para evaluar su precisión dimensional y las propiedades mecánicas antes descritas,
- Medición, para la recolección de datos se obtuvieron mediante los procedimientos descritos en las normas adecuados los valores de las propiedades mecánicas de las probetas en un laboratorio

especializado. utilizando para este fin los procedimientos, se alimentaron los valores para la construcción de bases de datos y se compararon con los valores establecidos con el apoyo del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por medio de la Coordinación de Servicios de laboratorio realizando las pruebas mecánicas correspondientes a las probetas.

- Evaluación , se analizaron los datos obtenidos y se presentaron en un informe técnico, haciendo uso del software Minitab (2019)®, (Minitab, Inc., 2019) recopilando la estadística descriptiva de cada una de las propiedades
- Resultados. Una vez que se obtenidos los resultados tanto de las pruebas mecánicas y mediciones dimensionales, se procede en el primer caso a comparar los resultados con la información base obtenida de los resultados de estas mismas pruebas mecánicas, pero en plásticos de los cuales están fabricadas las refacciones originales de esta manera se determina si los valores son equiparables, en el caso del estudio de capacidad una vez fabricadas las piezas, se midieron con instrumentos de precisión para registrar desviaciones respecto al diseño original. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante estudios de capacidad del proceso (Cp y Cpk), permitiendo cuantificar el grado de precisión y repetibilidad de la tecnología en función de los requerimientos industriales.

## DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

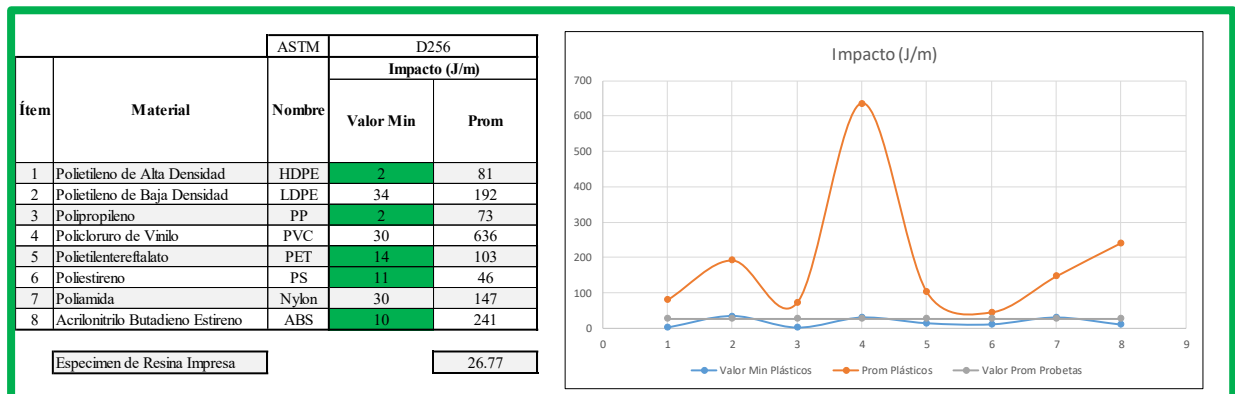
Al realizar las correspondientes gráficas comparativas entre los valores mínimos, máximo contrastado con el valor promedio de los especímenes de resina impresa se puede observar información.

**Tabla 1.** Valores de pruebas mecánicas para los principales plásticos.

Item	Material	ASTM Nombre	D256 Impacto (I/m)			D638 Tensión (Mpa)			D695 Compresión (Mpa)			D790 Flexión (Mpa)			D1525 Temp. Reblandecimiento (°C)		
			Valor Min	Valor Max	Prom	Valor Min	Valor Max	Prom	Valor Min	Valor Max	Prom	Valor Min	Valor Max	Prom	Valor Min	Valor Max	Prom
1	Poliétileno de Alta Densidad	HDPE	2	53400	81	11	43	26	20	20	20	280	1860	1140	64	194	121
2	Poliétileno de baja Densidad	LDPE	34	53400	192	7	65	11	5	10	8	25	3310	264	52	129	90
3	Polipropileno	PP	2	145	73	4	369	32	40	40	40	26	10000	1430	35	160	122
4	Ploricloruro de Vinilio	PVC	30	2840	636	30	52	43	50	80	65	1650	3310	2670	68	91	77
5	Poliétilentereftalato	PET	14	10000	103	6	147	74	80	80	80	138	12800	3660	74	85	80
6	Poliestireno	PS	11	214	46	4	59	32	70	70	70	894	3600	2680	70	108	95
7	Poliamida	Nylon	30	264	147	3	105	64	55	55	55	100	13700	2380	70	302	193
8	Acrilonitrilo Butadieno Estireno	ABS	10	785	241	2	77	45	65	65	65	24	6890	2330	45	160	100

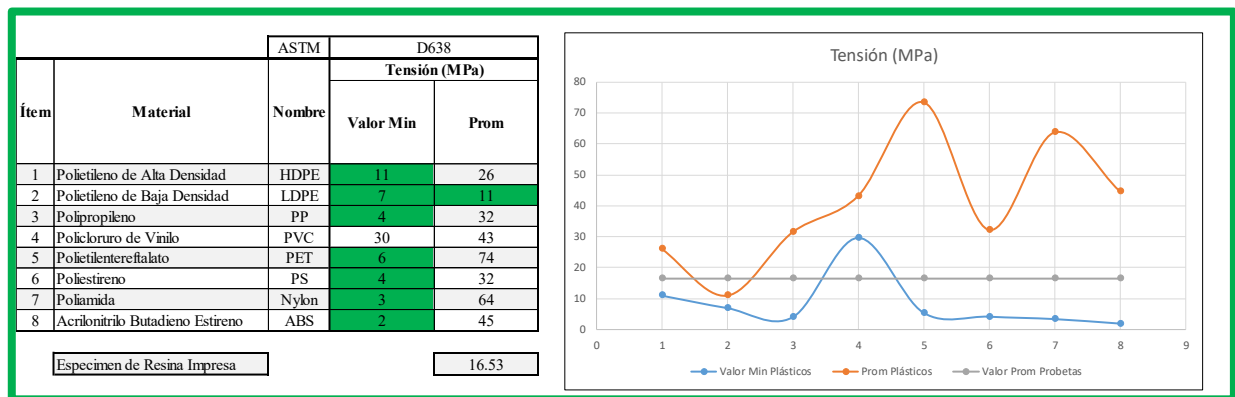
Fuente. MatWeb, n.d. (2024).

Las gráficas muestran resaltados en verde todos los valores en los cuales el valor promedio obtenido en las pruebas de laboratorio es por lo menos igual a alguno de los valores de los distintos plásticos que se usan como muestra, esto indica que la resina impresa en algunos casos puede ser usada como reemplazo para fabricar refacciones en la industria.



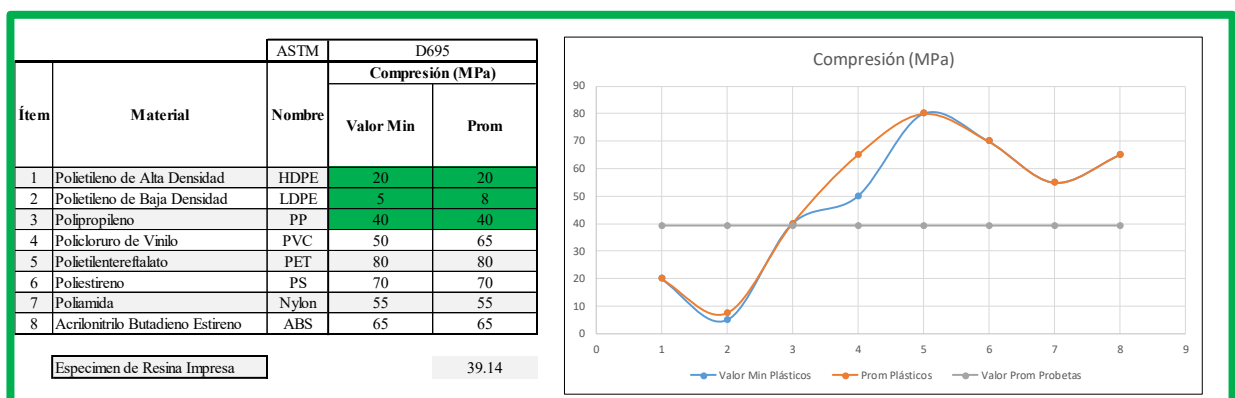
**Figura 1.** Gráfico Comparativo de valores de Resistencia al Impacto.

Fuente. Elaboración propia (2025).



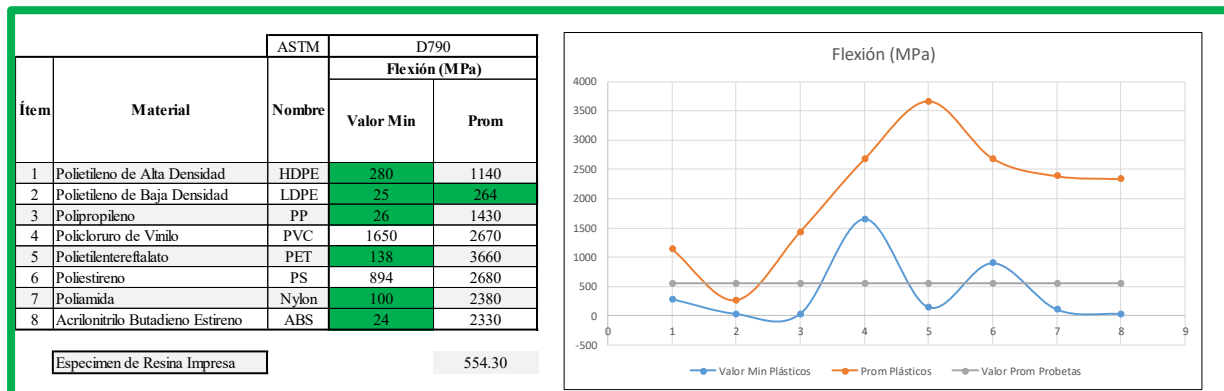
**Figura 2.** Gráfico Comparativo de valores de Resistencia de tensión.

Fuente. Elaboración propia (2025).



**Figura 3.** Gráfico Comparativo de valores de Resistencia a la Compresión.

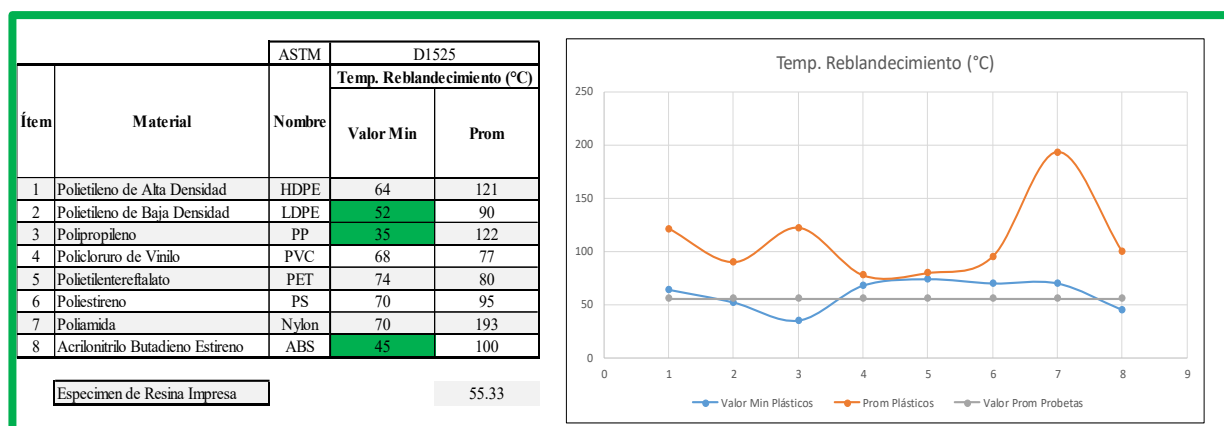
Fuente. Elaboración propia (2025).



**Figura 4.** Gráfico Comparativo de valores de Módulo de Flexión.

**Fuente.** Elaboración propia (2025).

**Tabla 5.** Gráfico Comparativo de valores de Temperatura de Reblandecimiento.



**Fuente.** Elaboración propia (2025).

En lo que se refiere al estudio de capacidad dimensional se realizaron estudios de capacidad para cada una de las 32 muestras impresas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Para la variable Ancho y Largo los valores de Cp y CPk son mayores al 1.33 lo que indica que dichas variables están en control, para la variable Alto los valores son mayores a 1 lo que indica que está en control pero que requiere monitoreo y seguimiento.

Con esos valores se puede concluir que las piezas impresas tienen la capacidad de poder ser una alternativa de reemplazo para las refacciones plásticas usadas en la industria.

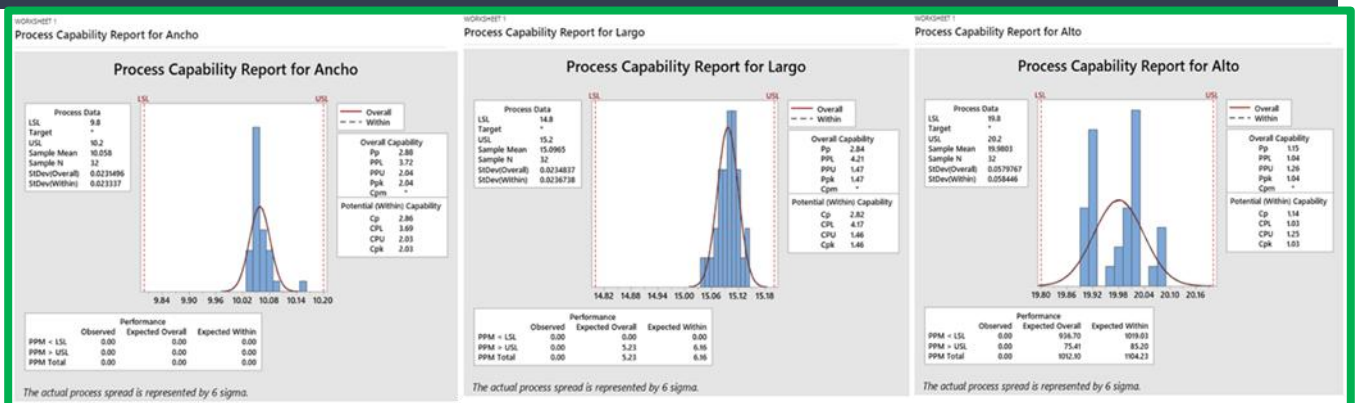


Figura 6. Gráfico de estudio de Capacidad Variables Ancho, Largo y Alto.

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos concuerdan con investigaciones previas sobre las capacidades mecánicas de la estereolitografía (SLA). De acuerdo con Gebhardt (2016), y Gibson (2015), las piezas fabricadas con este método presentan precisión dimensional y propiedades equiparables a los polímeros moldeados por inyección, cuando se emplean resinas tipo ABS o resinas reforzadas con fotopolímero.

Asimismo, los estudios de García (2019), y Smith (2018) respaldan que la impresión 3D mediante SLA admite la obtención de materiales con un comportamiento mecánico estable y reproducible, siempre que se controle las variables de curado y temperatura del proceso. Los valores de CP y CPK, obtenidos en este estudio (mayores a 1.33 de ancho y largo) coinciden con los resultados descritos por estos autores, quienes destacan que una desviación dimensional inferior al 2% es aceptable para aplicaciones mecánicas de precisión.

## CONCLUSIONES

Se puede determinar que los valores promedio de tensión, impacto, flexión, temperatura de reblandecimiento y compresión obtenidos de las probetas de plástico son iguales o mayores a los valores estándar de alguno de los tipos de plástico de la muestra, también se demostró mediante el estudio de capacidad que los valores de Cp y Cpk de las dimensiones ancho, largo y alto de las piezas de muestra impresas son iguales o mayores a 1

Por lo que podemos dar respuesta a nuestras preguntas de investigación:

1.- ¿Son las propiedades mecánicas de las piezas impresas equiparables con las propiedades mecánicas de las piezas obtenidas por métodos tradicionales?

Si ya que se demostró que los valores para algunos casos son iguales o mayores

2.- ¿Es capaz el proceso de impresión por estereolitografía de producir piezas dimensionalmente correctas?

Si ya que se demostró que el proceso es capaz de producir piezas que cumplen con las dimensiones esperadas.

Y Finalmente nuestra interrogante:

¿Es viable la utilización de impresión por estereolitografía como alternativa de reemplazo para obtener refacciones plásticas utilizadas en la industria?

Si, ya que los resultados demuestran viabilidad y capacidad por lo que esta alternativa de reemplazo se hace valida.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la viabilidad de la impresión por estereolitografía, los resultados mostraron que el material tiene propiedades mecánicas comparables a los materiales usados en la elaboración de refacciones plásticas obtenidas por los métodos tradicionales, se manifiesta también la capacidad de la impresión desde el punto de vista dimensional.

Estos hallazgos confirman la impresión por estereolitografía como una alternativa viable y capaz para producir refacciones plásticas, sin embargo, se requiere más estudio sobre algunas otras resinas que puedan ofrecer valores más altos de las propiedades mecánicas.

### **TRABAJO A FUTURO**

La impresión por estereolitografía muestra un alto potencial para sustituir refacciones plásticas en la industria, aunque se requiere mayor investigación para optimizar sus procesos y evaluar su comportamiento a largo plazo y con diferentes tipos de resinas, además de proceder a la impresión de piezas piloto para sus pruebas en procesos, lo cual se podría continuar con una investigación experimental en campo en los siguientes contextos.

#### **Integración estratégica de la manufactura aditiva en la cadena de suministro industrial.**

Un primer seguimiento de trabajo a futuro sería la línea de investigación donde se orienta hacia el análisis de la manufactura aditiva como estrategia dentro de los sistemas de gestión de la cadena de suministro. Se propone evaluar el impacto de su adopción en la reducción de tiempos de respuesta, la gestión de inventarios, la sostenibilidad ambiental y la flexibilidad operativa de las empresas (Garmulewicz et al., 2020). Este enfoque podría incluir el desarrollo de modelos logísticos híbridos que combinen manufactura tradicional y aditiva, así como el análisis de indicadores clave asociados (Holmström & Partanen, 2021; Tuck et al., 2023). De esta manera, se contribuiría al diseño de estrategias de integración tecnológica que

fortalezcan la competitividad y capacidad de innovación de las organizaciones en entornos industriales globalizados.

### **Optimización de parámetros de impresión y desarrollo de materiales compuestos avanzados.**

Derivado del análisis de las variables de precisión, resistencia y durabilidad de las piezas impresas, una potencial línea futura de investigación sería el estudio de los parámetros de impresión por estereolitografía, tales como la orientación de las capas, la exposición a la fuente de luz, la velocidad de curado y la temperatura ambiental, con el fin de establecer relaciones más precisas entre esas variables y las propiedades mecánicas resultantes (Zhao et al., 2023). Además, se sugiere investigar el desarrollo y aplicación de resinas foto poliméricas reforzadas con materiales compuestos o nanopartículas, con el propósito de incrementar la rigidez, estabilidad dimensional y resistencia térmica de las piezas fabricadas (Li & Chen, 2022; Zhang et al., 2024). Este tipo de investigaciones permitiría definir configuraciones óptimas de proceso y materiales que fortalezcan la fiabilidad técnica de la impresión 3D en aplicaciones industriales críticas.

### **REFERENCIAS**

- ASTM International. (2017). *ASTM D1525-17: Standard Test Method for Vicat Softening Temperature of Plastics*. ASTM International.
- ASTM International. (2017). *ASTM D790-17: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. ASTM International.
- ASTM International. (2018). *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. ASTM International.
- ASTM International. (2022). *ASTM D638-22: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. ASTM International.
- ASTM International. (2023). *ASTM D256-23: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*. ASTM International.
- ASTM International. (2023). *ASTM D695-23: Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. ASTM International.
- Creality. (2024). *Halot Box* (Versión 3.5.6) [Software].
- Dassault Systèmes. (2024). *SolidWorks* (versión 2024). Dassault Systèmes.
- Garmulewicz, A., Holweg, M., Veldhuis, H., & Yang, A. (2020). Disruptive technology as an enabler of the circular economy: What potential does 3D printing hold? *California Management Review*, 62(3), 70–95. <https://doi.org/10.1177/0008125620915888>

- Holmström, J., & Partanen, J. (2021). Digital manufacturing-driven transformations of service supply chains for complex products. *Supply Chain Management*, 26(4), 435–449. <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2020-0356>
- ISO (Organización Internacional de Normalización). (1989). *ISO 2768-1:1989: Tolerancias generales para dimensiones lineales y angulares sin indicaciones de tolerancia individuales*. Organización Internacional de Normalización (ISO).
- ISO (Organización Internacional de Normalización). (2017). *ISO 22514-2:2017: Métodos estadísticos en la gestión de procesos — Capacidad y rendimiento — Parte 2: Capacidad y rendimiento de procesos dependientes del tiempo*. Organización Internacional de Normalización (ISO).
- Jarzemskis A. (2025). *Fundamentals of global business*. Litibero publishing.
- Jaržemskis, A. (2007). Research on public logistics centre as tool for cooperation. *Transport*, 22(1).
- Li, X., & Chen, Z. (2022). Mechanical behavior and performance optimization of photopolymer composites in stereolithography 3D printing. *Journal of Manufacturing Processes*, 75, 611–624. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.02.013>
- MatWeb. (n.d). *Overview of Materials*. matweb.com. <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=29340c5df4bf4de0a511419ce86db27b&ckck=1>
- Minitab, Inc. (2019). *Minitab* (versión 19.0). Minitab, Inc.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Sapio Research. (2023, julio). *Value of reliability*. ABB survey report [https://new.abb.com/docs/librariesprovider19/default-document-library/abb\\_survey-report-2023.pdf](https://new.abb.com/docs/librariesprovider19/default-document-library/abb_survey-report-2023.pdf)
- Tuck, C., Hague, R., & Reeves, P. (2023). The role of additive manufacturing in supply chain resilience and flexibility. *International Journal of Production Research*, 61(7), 2143–2158. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2175283>
- Zhang, Y., Xu, X., & Luo, Z. (2024). Advances in composite resin formulations for stereolithography-based 3D printing. *Additive Manufacturing Letters*, (8), 101-132. <https://doi.org/10.1016/j.addlet.2024.101132>
- Zhao, J., Li, P., & Wu, D. (2023). Optimization of stereolithography printing parameters using machine learning and mechanical testing correlation. *Rapid Prototyping Journal*, 29(2), 285–298. <https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2022-0192>

## TABLA TRABAJO COLABORATIVO

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Aldape Rivera, Lydia, Rubio Salazar, Raúl,
Metodología	Rubio Salazar, Raúl, Campos Oyervides Josué De Jesús

Software	Minitab, SolidWorks,
Validación	Aldape Rivera, Lydia, Pineda Rosales Diego De Jesús, Salcido Celada Mara Dennise
Análisis Formal	Aldape Rivera, Lydia, Pineda Rosales Diego De Jesús, Salcido Celada Mara Dennise
Investigación	Rubio Salazar, Raúl
Recursos	Rubio Salazar, Raúl, Campos Oyervides Josué De Jesús
Curación de datos	Rubio Salazar, Raúl, Campos Oyervides Josué De Jesús
Escritura - Preparación del borrador original	Aldape Rivera, Lydia,
Escritura - Revisión y edición	Aldape Rivera, Lydia, Rubio Salazar, Raúl, Pineda Rosales Diego De Jesús, Salcido Celada Mara Dennise
Visualización	Rubio Salazar, Raúl, Aldape Rivera, Lydia, Pineda Rosales Diego De Jesús, Salcido Celada Mara Dennise
Supervisión	Aldape Rivera, Lydia, Pineda
Administración de Proyectos	Aldape Rivera, Lydia, Rubio Salazar, Raúl
Adquisición de fondos	Rubio Salazar, Raúl, Campos Oyervides Josué De Jesús