

Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

Improvement in the manufacture of nests for assembly lines.

Luis Emilio Ibarra Loredó ¹

Arturo Torres Bugdud ²

María Blanca Elizabeth Palomares Ruiz ³

Cesar Sordia Salinas ⁴

RESUMEN

El presente trabajo se presenta como resultado del análisis que ejecutan los estudiantes al llevar a cabo el desarrollo de un proyecto para la mejora de una empresa, el cual se documenta en un caso práctico de una empresa líder en el mercado mundial de juguetes cuyo propósito es optimizar diversos procesos, reducir costos, aumentar la flexibilidad y calidad en su manufactura, a su vez declara el compromiso de la innovación y la sostenibilidad, propone estrategias en sus líneas de ensamble para minimizar el desperdicio, reduciendo costos en la adquisición de materiales mediante la implementación de impresoras 3D para la fabricación de nidos en las líneas de ensamble lo cual ofrece ventajas significativas desde una perspectiva de gestión de materiales, además de promover prácticas sostenibles al disminuir tanto los residuos generados como la huella de carbono.

Un aspecto clave es la capacidad de personalizar los nidos para diferentes geometrías y especificaciones, lo que resulta esencial para la innovación y la mejora continua en el desarrollo de productos. Esto fortalece la posición competitiva de la empresa al permitir una rápida adaptación a las demandas del mercado, mejorando la eficiencia operativa además de la reducción de costos.

PALABRAS CLAVES: Impresoras 3D, Nidos, Producción CAD.

Fecha de recepción: 13 de septiembre, 2024.

Fecha de aceptación: 23 de octubre, 2024.

¹ Estudiante activo de la Maestría en Administración con Orientación en Innovación Tecnológica. Posgrado de la FIME. luis.ibarralrd@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-4079-6969>

² PTC de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. arturo.torresbg@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0003-2214-9394>

³ PTC de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. maria.palomaresrz@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-4079-6969>

⁴ PTC de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. cesar.sordiasl@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0003-2186-1080>

ABSTRACT

The present work is presented as a result of the analysis carried out by the students when carrying out the development of a project for the improvement of a company, which is documented in a practical case of a leading company in the global toy market whose purpose is optimize various processes, reduce costs, increase flexibility and quality in its manufacturing, at the same time declares the commitment to innovation and sustainability, proposes strategies in its assembly lines to minimize waste, reducing costs in the acquisition of materials through implementation of 3D printers for the manufacture of nests on assembly lines, which offers significant advantages from a materials management perspective, in addition to promoting sustainable practices by reducing both the waste generated and the carbon footprint.

A key aspect is the ability to customize nests for different geometries and specifications, which is essential for innovation and continuous improvement in product development. This strengthens the company's competitive position by allowing rapid adaptation to market demands, improving operational efficiency in addition to cost reduction.

KEYWORDS: 3D Printers, Nests, CAD production.

INTRODUCCIÓN

La industria de los juguetes, altamente competitiva y en constante evolución, requiere una producción eficiente y adaptable para mantenerse al día con las demandas del mercado. En este contexto, la fabricación de nidos, estructuras utilizadas en las líneas de ensamblaje para soportar y posicionar correctamente los componentes durante el proceso de ensamblaje, enfrenta retos significativos. Los métodos tradicionales de producción de nidos, como el uso de moldes, presentan varias limitaciones que impactan la eficiencia operativa. Estos incluyen tiempos prolongados de adaptación a nuevos diseños, altos costos de producción y una limitada flexibilidad para ajustarse a las variaciones en la demanda o en los requerimientos del producto.

En el caso de una empresa líder en la manufactura de juguetes, la falta de rapidez en la adaptación de los nidos a nuevos diseños afecta la capacidad de respuesta ante los cambios del mercado. Los procesos tradicionales no solo retrasan la producción, sino que también incrementan los costos operativos debido a la necesidad de crear moldes costosos y de realizar ajustes frecuentes. Además, la falta de flexibilidad en la fabricación de nidos tradicionales puede generar cuellos de botella en la producción, afectando la eficiencia global. McKinsey & Company. (2020).

En respuesta a estos desafíos, la adopción de tecnologías avanzadas, como la impresión 3D, se presenta como una solución prometedora. Esta tecnología permite una producción más rápida, flexible y rentable de nidos personalizados, adaptándose a los cambios de diseño sin las limitaciones de los métodos tradicionales. Este artículo describe cómo la implementación de la impresión 3D en la producción de nidos puede mejorar significativamente la eficiencia de sus líneas de ensamblaje, reduciendo tiempos y costos, y proporcionando una mayor adaptabilidad para enfrentar las demandas del mercado actual.

JUSTIFICACIÓN

El poner en práctica los conocimientos adquiridos y documentar una mejora, es motivo de este documento que reúne la orientación y guía de los docentes a la par con la habilidad del estudiante

Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

en una Dependencia de Educación Superior formadora de ingenieros proponiendo el análisis de la causa raíz del problema en la producción de nidos para las líneas de ensamblaje de juguetes en empresas manufactureras, enfrenta desafíos significativos en términos de costos, tiempo y flexibilidad. En este contexto, un "nido" se refiere a una herramienta o accesorio utilizado en las líneas de ensamblaje para sostener o posicionar piezas de manera precisa durante el proceso de fabricación o ensamblaje de juguetes. Estos nidos están diseñados específicamente para acomodar las formas y tamaños de las piezas que se ensamblan, asegurando que se mantengan en la posición correcta para que las operaciones se realicen de manera eficiente y precisa.

Actualmente, el proceso tradicional de fabricación de nidos mediante moldes presenta varios inconvenientes:

Impacto en el Presupuesto y la Productividad: El costo aproximado de fabricación externa de los nidos, que ronda entre los \$5,000 y \$10,000 por unidad, supone una carga considerable para el presupuesto destinado a este propósito. Además, el tiempo de fabricación, que varía entre 1 a 2 días, afecta negativamente la productividad y la adherencia a la programación de la línea de ensamblaje.

Costo Elevado de Alternativas Tradicionales: Los nidos fabricados mediante procesos de CNC, impresión de resina o filamento pueden alcanzar un costo de \$37,000 pesos por unidad. Estos nidos tienen una vida útil de aproximadamente dos meses, lo que genera un gasto constante y recurrente para la empresa.

Ineficiencia en la Adaptación a Nuevos Diseños: La necesidad de realizar ajustes frecuentes en los nidos debido a cambios en el diseño de los juguetes o en los requisitos de la línea de ensamblaje hace que los métodos tradicionales resulten lentos y costosos. Esto limita la capacidad de respuesta de la empresa ante las demandas del mercado.

Falta de Flexibilidad y Escalabilidad: La producción de nidos utilizando métodos convencionales no ofrece la flexibilidad necesaria para adaptarse rápidamente a variaciones en la demanda o a cambios en el diseño del producto, lo que puede ocasionar cuellos de botella en el proceso de ensamblaje y una disminución en la capacidad de producción.

Por ello, al analizar las soluciones viables para la eficacia de la línea de producción, resalta que, la incorporación de la impresión 3D la cual fue creada en 1992 mediante un láser que solidifica una resina creando la figura por filamentos, siendo la estereolitografía o SLA de sus siglas en inglés, conforme paso del tiempo se mejoró la impresión para crear además de modelos de piezas órganos y tejidos celulares de acuerdo con Hurtado (2023).

El poder en la manufactura de nidos se presenta como una solución viable. La impresión 3D permite replicar los nidos con un costo significativamente menor y con mayor eficiencia, reduciendo el tiempo de producción y permitiendo una adaptación más rápida a los cambios en el diseño. Esta tecnología también contribuye a la sostenibilidad al reducir el desperdicio de materiales.

Debido a esto, la necesidad de investigar y justificar la adopción de impresoras 3D en este contexto se sustenta en la posibilidad de mejorar la eficiencia, reducir costos, y aumentar la flexibilidad y sostenibilidad del proceso de manufactura, aspectos cruciales para mantener la competitividad en un mercado dinámico y exigente como el de los juguetes.

METODOLOGÍA

En la actualidad, la eficiencia y la capacidad de adaptación en los procesos de manufactura son esenciales para mantener la competitividad en un mercado dinámico y exigente. En este contexto, las empresas enfrentan desafíos significativos en la producción de nidos para las líneas de ensamble de juguetes, lo que afecta directamente la productividad, los costos y la flexibilidad operativa, esto, de acuerdo con ASTM International (2022).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar y justificar la adopción de la tecnología de impresión 3D para la fabricación de estos nidos, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir costos. Para lograr una comprensión profunda de los problemas subyacentes en el proceso de manufactura de nidos, se aplicó la Técnica de los Cinco (5) porqués la cual se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema, tal y como lo expresa Ovalles et al (2017).

Esta técnica de análisis ayudará a identificar las causas raíz de las ineficiencias actuales y proporcionará una base sólida para proponer soluciones innovadoras que optimicen el proceso de producción y alineen los resultados con los objetivos estratégicos de la empresa, tal y como se muestra a continuación:

5 por qué

5 por qué, que sirve para explorar lo que hay detrás de la explicación más superficial del fenómeno. De acuerdo con Líder C (2023) Consiste, justamente, en preguntar sucesivamente (por lo menos cinco veces) el porqué de la situación, problema o foco de atención, Ahorro en tiempo y costo en la fabricación de nidos para líneas de ensamble, porque debemos ahorrar en tiempo y costo en la fabricación de nidos para líneas de ensamble

Costo y tiempo de fabricación de nidos de ensamble muy elevado.

1. ¿Por qué el costo y el tiempo de fabricación de los nidos de ensamble son muy elevados? Porque estamos utilizando materiales de alta calidad y complejas técnicas de ensamble, y no hemos actualizado nuestros métodos de fabricación.
2. ¿Por qué no hemos actualizado nuestros métodos de fabricación? Porque hemos seguido utilizando los mismos procesos y tecnologías que hemos empleado durante años, sin considerar nuevas técnicas o tecnologías que podrían ser más eficientes.
3. ¿Por qué hemos seguido utilizando los mismos procesos y tecnologías durante años? Porque no hemos realizado una evaluación exhaustiva de nuestras operaciones de fabricación para identificar oportunidades de mejora y modernización.
4. ¿Por qué no hemos realizado una evaluación exhaustiva de nuestras operaciones de fabricación? Porque hemos estado centrados en cumplir con las demandas de producción actuales y no hemos dedicado suficiente tiempo y recursos a la revisión y mejora de nuestros procesos.
5. ¿Por qué hemos estado centrados en cumplir con las demandas de producción actuales sin revisar nuestros procesos? Porque hemos priorizado la entrega oportuna de productos sobre la eficiencia a largo plazo, sin considerar que la optimización de nuestros métodos de fabricación podría conducir a una reducción de costos y tiempos de producción.

DESARROLLO:

El objetivo general del proyecto es mejorar la eficiencia de los nidos en la línea de ensamble mediante la implementación de tecnología de impresión 3D, con el fin de optimizar el proceso de producción, reducir costos y aumentar la flexibilidad y calidad en la manufactura. Para ello, el primer paso es mejorar la eficiencia de los nidos. Esto implica realizar un análisis inicial que documente los tiempos de producción, tasas de defectos y problemas asociados a los nidos actuales, así como evaluar si estos cumplen con los estándares de precisión y funcionalidad requeridos. Como resultado

Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

de este análisis, se identifican áreas de mejora en términos de tiempos de producción y defectos operativos.

Posteriormente, se identifican los requisitos específicos que los nidos impresos en 3D deben cumplir para optimizar su funcionalidad en la línea de ensamblaje. En esta etapa, es esencial seleccionar materiales adecuados para garantizar que los nidos impresos tengan la resistencia y durabilidad necesarias. También se desarrollan prototipos que serán validados en condiciones reales de producción para asegurarse de que cumplen con los estándares definidos.

De acuerdo con Deloitte. (2021) La implementación de la tecnología de impresión 3D comienza con la adquisición de impresoras y la capacitación del personal. Se seleccionan equipos que cumplan con las necesidades específicas de la línea de producción en términos de volumen y precisión. A continuación, se desarrolla una fase de pruebas piloto con prototipos de nidos impresos en 3D, los cuales se evalúan en la línea de ensamblaje para validar su funcionalidad. El objetivo es contar con prototipos que puedan ser integrados de forma eficiente en el proceso de producción.

La optimización del proceso de producción es otro aspecto fundamental. La impresión 3D permite reducir tanto los tiempos de producción como los costos asociados con los métodos tradicionales, como el moldeo por inyección. Es necesario adaptar el flujo de trabajo en la línea de ensamblaje para integrar de manera eficiente los nuevos nidos impresos en 3D. Además, se monitorean los costos de operación y mantenimiento, comparándolos con los costos de los métodos tradicionales para asegurar que se obtiene una reducción significativa. Otro aspecto clave es la mejora de la calidad. Los nidos impresos deben cumplir con altos estándares de precisión para garantizar un ensamblaje más eficiente y reducir el número de defectos.

Aumentar la flexibilidad y la calidad es otro de los objetivos centrales. La impresión 3D permite realizar ajustes rápidos en los diseños de los nidos, lo que ofrece una mayor adaptabilidad ante cambios en los productos o los procesos de producción. Esta tecnología también facilita la realización de iteraciones de diseño de manera ágil y económica, permitiendo que los cambios se realicen sin necesidad de desarrollar nuevos moldes o herramientas, como sería necesario en los métodos tradicionales. Al mismo tiempo, se continúa mejorando la calidad de los nidos mediante auditorías regulares que aseguran consistencia y precisión en cada uno de los productos impresos.

La evaluación de resultados es crucial para medir el impacto de la implementación de los nidos impresos en 3D. Para ello, se recopilan y analizan datos clave sobre la eficiencia de la línea de ensamblaje, como tiempos de producción y tasas de defectos, comparando los resultados con los objetivos planteados. Además, se identifican posibles desventajas o problemas surgidos durante la implementación. Tras esta evaluación, se proponen mejoras continuas para optimizar aún más el proceso de manufactura, basadas en la retroalimentación obtenida del personal y en auditorías periódicas. Finalmente, se exploran nuevas tecnologías que podrían seguir mejorando el proceso de producción de nidos.

Este enfoque estructurado permite no solo implementar la tecnología de impresión 3D en la producción de nidos, sino también asegurar que se realice de manera eficiente y con una mejora continua del proceso. Al seguir estos pasos, se espera obtener una línea de ensamblaje más flexible, eficiente y con productos de mayor calidad, que reduzca los costos y los tiempos de producción.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas realizadas han demostrado que los nidos impresos en 3D cumplen satisfactoriamente con los requisitos operativos y de calidad para la línea de ensamblaje. Los resultados positivos en términos de ajuste, durabilidad y eficiencia destacan la viabilidad de la impresión 3D como una solución efectiva para la manufactura de nidos. La implementación de esta tecnología no solo ha mostrado una mejora en el desempeño de la línea de ensamblaje, sino que también ha ofrecido

Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

ventajas económicas significativas y una mayor flexibilidad en el diseño. En resumen, los nidos impresos en 3D han demostrado ser una alternativa eficiente y efectiva frente a los métodos tradicionales de fabricación, tal y como se expone las figuras 1 y 2. Figura 1: Pruebas de Nido Tipo 1, y Figura 2: Pruebas de Nido Tipo 2.



Figura 1: Pruebas de Nido Tipo 1. Elaboración Propia.



Figura 2: Pruebas de Nido Tipo 2. Elaboración Propia.

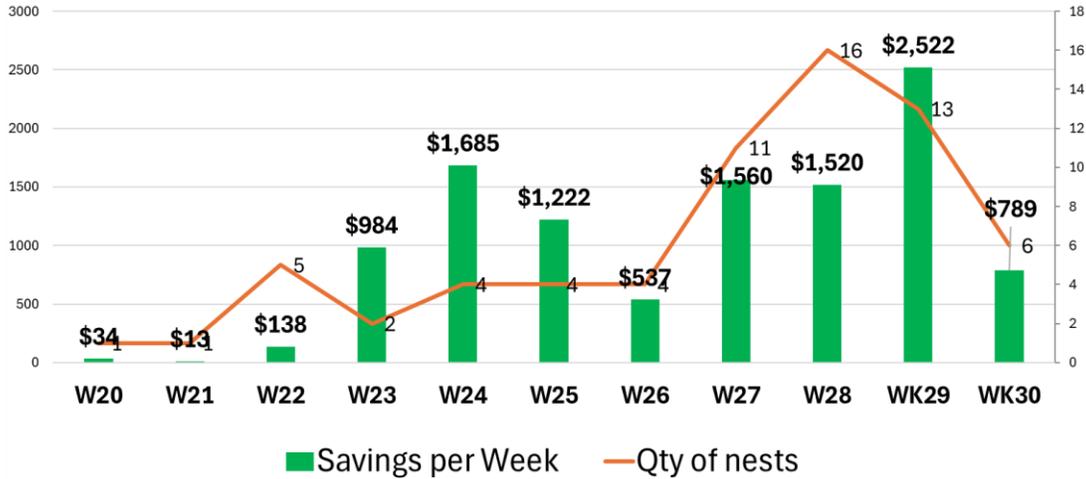
Los costos asociados con la producción tradicional de nidos incluyen varios factores clave. En términos de materiales, el uso de plásticos y metales tradicionales en la fabricación de nidos puede implicar costos de \$20 a \$50 por unidad, dependiendo del material elegido. Además, el costo de los equipos de manufactura y moldes necesarios para producir nidos oscila entre \$100,000 y \$300,000. Estos costos son significativos y se suman a los gastos anuales de operación, mantenimiento y mano de obra, que pueden variar entre \$10,000 y \$25,000.

En comparación, los costos por unidad en métodos tradicionales de producción en masa tienden a ser menores debido a las economías de escala, con una estimación de \$15 a \$30 por nido. Por otro lado, la producción en pequeñas cantidades utilizando impresión 3D puede resultar en costos más bajos, que van de \$10 a \$25 por nido, dependiendo de la complejidad y el tamaño del diseño.

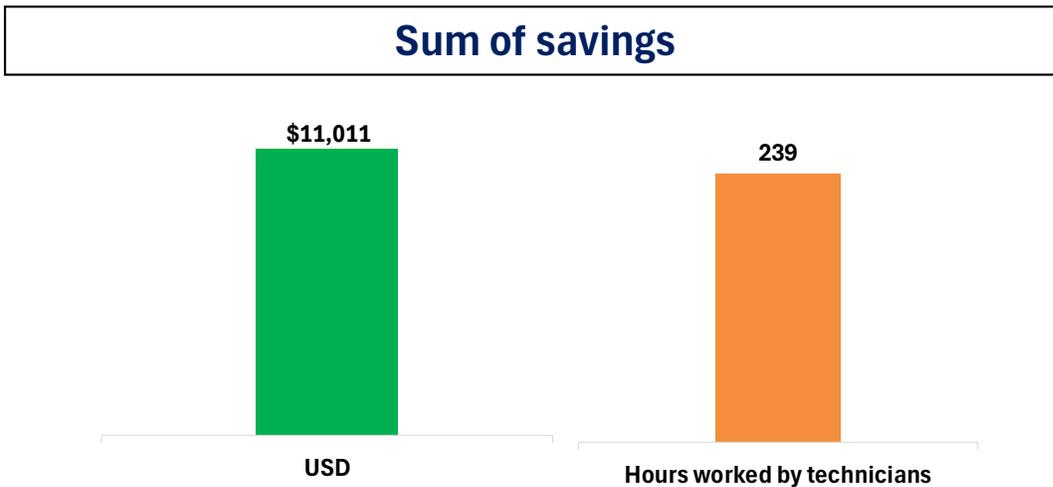
La impresión 3D ofrece beneficios adicionales significativos. Permite una flexibilidad y personalización superiores, eliminando la necesidad de nuevos moldes para cada ajuste de diseño, lo que puede reducir el tiempo de desarrollo y permitir una rápida adaptación a cambios. Además, la

Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

impresión 3D contribuye a la reducción de residuos de material, ya que es más eficiente en el uso de materiales en comparación con los métodos tradicionales, que a menudo generan exceso de material desechado. Finalmente, el tiempo de desarrollo y prototipado también puede disminuir con la impresión 3D, facilitando iteraciones más rápidas y eficientes en el proceso de diseño y fabricación, tal y como se expone en la Grafica 1 y 2.



Gráfica 1: Ahorros Obtenidos. Elaboración Propia.



Gráfica 2: Sumatoria de ahorros. Elaboración Propia.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Se pueden resumir los resultados del proyecto de la siguiente manera: los prototipos de nidos impresos en 3D han demostrado ser funcionales y adecuados para su uso en la línea de ensamblaje, con mejoras en la rapidez de desarrollo y personalización. Esta tecnología ha permitido la creación de nidos con diseños más complejos y personalizados, adaptándose mejor a las necesidades específicas de la línea de ensamblaje. Aunque los costos iniciales de inversión en tecnología de



Mejora en la fabricación de nidos para las líneas de ensamble

impresión 3D, incluyendo impresoras, software y materiales, han sido significativos, con un rango estimado de \$75,000 - \$220,000, los costos operativos adicionales, como mantenimiento y materiales, han sido manejables y dentro de las expectativas. Comparado con los métodos tradicionales, el costo por unidad de los nidos impresos en 3D es más bajo, con un costo aproximado de \$10 - \$25 por unidad, mientras que los métodos tradicionales pueden alcanzar entre \$15 - \$30 por unidad, especialmente en producciones a gran escala. Si bien los métodos tradicionales pueden ofrecer costos más bajos en producciones masivas, la impresión 3D resulta más económica para producciones a menor escala o altamente personalizadas.

La capacitación del personal en el uso de impresoras 3D ha sido efectiva, facilitando la integración de la nueva tecnología en la línea de ensamblaje. Además, se realizaron ajustes exitosos en el proceso de ensamblaje para incorporar los nidos impresos en 3D, mejorando la eficiencia y flexibilidad. La implementación de la impresión 3D ha proporcionado una mayor flexibilidad en el diseño y producción de nidos, permitiendo una rápida adaptación a cambios en las especificaciones. La capacidad de realizar ajustes rápidos en el diseño y la reducción en el costo por unidad han mejorado la eficiencia general de la línea de ensamblaje.

En cuanto a la evaluación del impacto en la manufactura de nidos, se puede decir que la impresión 3D ha tenido un impacto positivo en la eficiencia de la línea de ensamblaje, al reducir significativamente los tiempos de desarrollo y prototipado, lo que ha facilitado una respuesta más rápida a cambios en la demanda y especificaciones, lo anterior de acuerdo con Smithers Pira (2019). La tecnología ha permitido una mayor personalización y adaptación de los nidos, mejorando la integración con la línea de ensamblaje y reduciendo el tiempo necesario para hacer ajustes. En cuanto a los costos de producción, la impresión 3D ha demostrado ser más económica en comparación con los métodos tradicionales, con un costo de producción por unidad de \$10 - \$25 frente a \$15 - \$30 con métodos tradicionales, lo que ha resultado en ahorros significativos, especialmente en producciones a menor escala o con alta variabilidad. A largo plazo, los ahorros en la reducción de residuos, la eliminación de moldes y la flexibilidad de diseño pueden superar los costos iniciales de inversión en impresión 3D.

En lo que respecta a la calidad y consistencia, los nidos impresos en 3D han mostrado una alta consistencia en calidad, con menos variaciones en comparación con métodos tradicionales que dependen de moldes. Además, la impresión 3D ha permitido experimentar con nuevos diseños y materiales, lo que ha mejorado la calidad y funcionalidad de los nidos.

Como recomendaciones, se sugiere continuar evaluando la impresión 3D para aplicaciones donde sus beneficios superen los costos, como en la personalización y la producción de pequeñas series. También es importante mantenerse al tanto de los avances en tecnología de impresión 3D para aprovechar nuevas oportunidades y mejoras en costos y eficiencia, así como buscar formas de optimizar los costos operativos, como la reducción del consumo de materiales y la mejora de la eficiencia de impresión.

En conclusión, la impresión 3D ha demostrado ser una solución económicamente viable y eficiente para la manufactura de nidos en la línea de ensamblaje. Con costos por unidad más bajos que los métodos tradicionales, especialmente en producciones a menor escala, y con beneficios adicionales en términos de flexibilidad, personalización y reducción de residuos, la impresión 3D representa una inversión valiosa para la empresa. La implementación de esta tecnología ha mejorado la eficiencia de la línea de ensamblaje y ofrece una ventaja competitiva significativa en el proceso de manufactura.

REFERENCIAS

- Líder, C. (2023). Estrategias para el análisis de causa raíz. <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/bitstream/handle/20.500.12365/21082/L045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hurtado, (2023). Edu.co. Recuperado el 13 de septiembre de 2024, de <https://red.uao.edu.co/entities/publication/0f53b0f4-d32e-4be8-9693-de27e8e60abb>
- Deloitte. (2021). 3D Printing: An Opportunity for Growth in Manufacturing. Deloitte Insights. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/solutions/3d-printing-additive-manufacturing-consulting.html>
- McKinsey & Company. (2020). The Next-Generation Digital Factory: How 3D Printing is Revolutionizing Manufacturing. McKinsey Digital. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/3-d-printing-takes-shape>
- Ovalles Acosta, J.C, Gisbert Soler, V. y Pérez Molina, A.I. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.1-9/>
- Smithers Pira. (2019). 3D Printing Trends: The Market and Technology for Additive Manufacturing. Smithers Pira. <https://www.smithers.com/services/market-reports/printing>
- ASTM International. (2022). ASTM F42 - Additive Manufacturing Technologies. <https://www.astm.org/>
- ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing — General principles — Part 1: Fundamentals and terminology. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-2:v1:en>