

FORTHCOMING 92B50-05-24-01**ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL DISEÑO DE LOS NUEVOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA**

Bryan Martínez González y Gabriela Gaviño Ortiz^{1,2}
Universidad Autónoma Del Estado De México Uaem
Centro Universitario Uaem Valle De México

ABSTRACT

This work employs an analysis of the impact on the design of new production processes using technologies. Through a case study, the manufacturing of furniture is analyzed, which can be carried out through Computer Numerical Control (CNC) manufacturing. CAD/CNC manufacturing utilizes computer-aided design and computer numerical control machinery, in which, through the Internet of Things (IoT), areas for improvement in manufacturing are identified in real-time, and adjustments are implemented, establishing standards such as: reduction of cycle times, improvement of quality, error reduction, efficiency improvement, facilitating training, and enabling continuous improvement.

On the other hand, the implementation of advanced technologies, such as Computer-Aided Design/Computer Numerical Control (CAD/CNC) manufacturing, not only has a positive impact on the speed and efficiency of manufacturing processes but also requires intelligent management to maximize its benefits. In this regard, the constant monitoring of Key Performance Indicators (KPIs) is presented as an essential practice. By focusing on specific indicators, such as inventory, production, quality, and tracking, areas for improvement can be identified, and processes can be optimized.

The analysis of data related to cycle time, precision, material waste, production costs, and design flexibility becomes crucial for making informed decisions. To ensure the effectiveness of these improvements, the implementation of regular audits is proposed, ranging from the inspection of quality tools and materials to interviews with personnel and review of procedures and records. This holistic approach to constant monitoring and evaluation contributes to maintaining high standards of quality and efficiency in the manufacturing process.

KEYWORDS: Manufacturing, CAD/CNC, indicator analysis.

MSC: 90B50

RESUMEN

En este trabajo se presenta empleando un análisis del impacto en el diseño de los nuevos procesos de producción con el uso de tecnologías, mediante un caso de estudio, se analiza la manufactura de muebles puede llevarse a cabo mediante la manufactura CNC (Control Numérico por Computadora). La manufactura CAD/CNC utiliza diseño asistido por computadora y maquinaria de control numérico computarizado, en el que por medio del IoT (Internet de las cosas), se identifican en tiempo real las áreas de mejora en la manufactura y la implementación de ajustes, estableciendo estándares como: *reducción de tiempos de ciclo, mejora de la calidad, reducción de errores, mejora de la eficiencia, facilita la capacitación y permite la mejora continua.*

Por otro lado, La implementación de tecnologías avanzadas, como la manufactura asistida por computadora (CAD/CNC), no solo impacta positivamente en la velocidad y eficiencia de los procesos de fabricación, sino que también requiere una gestión inteligente para maximizar sus beneficios. En este sentido, el monitoreo constante de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) se presenta como una práctica esencial. Al centrarse en estos indicadores específicos, como inventario, producción, calidad y rastreo, se pueden identificar áreas de mejora y optimizar procesos. El análisis de datos relacionados con el tiempo de ciclo, precisión, desperdicio de material, costos de producción y flexibilidad en el diseño se vuelve crucial para tomar decisiones informadas.

Para asegurar la eficacia de estas mejoras, se propone la implementación de auditorías regulares que abarquen desde la inspección de herramientas de calidad y materiales hasta entrevistas al personal y revisión de procedimientos y registros. Este enfoque holístico de supervisión y evaluación constante contribuye a mantener altos estándares de calidad y eficiencia en el proceso de fabricación.

PALABRAS CLAVE: Manufactura, CAD/CNC, análisis de indicadores.

¹ , ggavinoo@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

La manufactura ha evolucionado enormemente, siendo el diseño un pilar crucial para la eficiencia y calidad en los procesos de producción. Con la constante evolución tecnológica, la integración de herramientas como inteligencia artificial, robótica, realidad aumentada, fabricación aditiva e IoT, el diseño se convierte en una pieza clave para aprovechar al máximo estas innovaciones. (Aguilar et al., 2023) destaca la importancia de estas tecnologías para mejorar la eficiencia y rendimiento de las organizaciones.

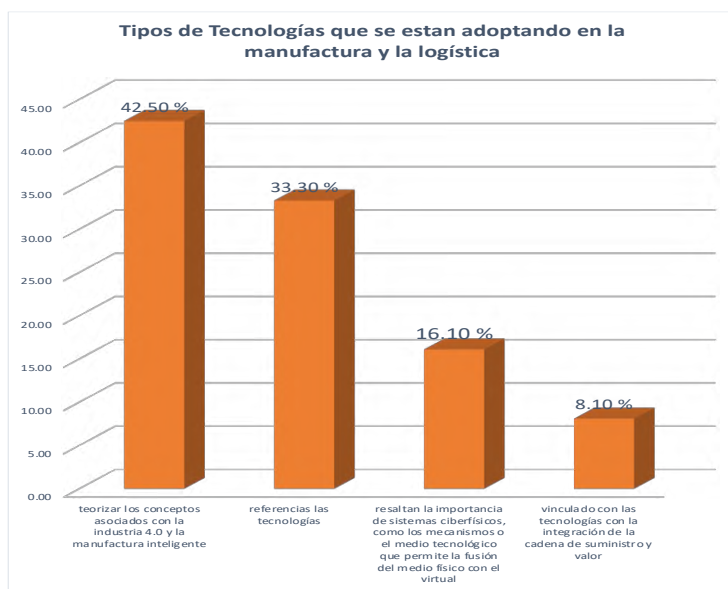
Este estudio se centra en explorar cómo estas tecnologías influyen la experiencia del usuario en los procesos de producción. Una interfaz bien diseñada puede hacer que la interacción con la tecnología sea fluida y placentera, mientras que una interfaz deficiente puede generar frustración y dificultades. Por ello, es esencial abordar estudios y ofrecer recomendaciones de diseño que mejoren esta experiencia, como lo subraya (Muñoz, 2013).

Además, el diseño con tecnologías emergentes como realidad virtual, inteligencia artificial y IoT, y su aceptación por parte de los usuarios, dependen en gran medida de la facilidad y flexibilidad de uso. Por tanto, es crucial analizar los desafíos y oportunidades del diseño en este contexto, así como discutir estrategias para una adopción exitosa de estas tecnologías, se sugiere la implementación de una metodología para el Análisis del Impacto del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción, fundamentada en la aplicación de un modelo matemático lean a través de un caso práctico, donde se utilizarán las tecnologías CAD/CAM para examinar cómo el diseño influye en la eficiencia y efectividad de los procesos de producción,

2. ANÁLISIS DE LA REVISIÓN LITERARIA

(Araya Belmar et al., 2002) Menciona que los nuevos mercados cada vez son más exigentes en calidad de sus productos y en la optimización de sus recursos. Para cumplir estas exigencias se hace cada vez más necesario el uso de la automatización, existiendo dentro de esta última el uso de las máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC), esta tecnología se aplica en la industria de fabricación de piezas, partes y conjuntos para distintas áreas de producción, incluidas en la industria secundaria de la madera. Las máquinas CNC pueden fabricar las piezas más complejas con la precisión requerida y todo bajo los órdenes de una computadora de uso exclusivo, el cual se programa en un lenguaje propio. (Arecco Rose et al., 2020) IKEA (empresa sueca de muebles y objetos para el hogar y decoración) tuvo un largo recorrido hasta llegar al concepto de tienda minorista de muebles que es tan reconocido y amado en decenas de países. La empresa se funda en 1943 por Ingvar Kamprad en su natal Suecia cuando tenía solamente 17 años. El negocio inició vendiendo fósforos y bolígrafos mediante pedidos por correo desde su granja familiar, cinco años después Kamprad agregó muebles entre sus productos y comenzó a distribuir su catálogo gratuitamente. El éxito del negocio llevó a IKEA a comprar su primer almacén y a diseñar sus propios muebles. Con el tiempo la visión de Kamprad fue la de democratizar la industria de los muebles en Suecia. Él creía que era posible abaratar el precio de los muebles para que cualquier persona sin muchos recursos pudiera comprarlos, por lo que el objetivo fue diseñar muebles funcionales con líneas minimalistas para que pudieran ser fabricados a bajos costos, poco después, de igual manera, se desarrolló el concepto de autoensamblaje IKEA, en el que se enviaban los muebles por partes para ser ensamblado por el cliente, esto resultó ser más eficiente y rentable, dado que se reducían los costos de transporte y almacén, así como los posibles daños al producto durante el envío. Este concepto fue exitoso, ya que los clientes estaban dispuestos a ensamblar los muebles ellos mismos a cambio de precios más bajos. A finales de la década de los cincuenta IKEA fabricaba sus muebles en Suecia y transfirió su producción a Polonia. En ese país IKEA podría fabricar sus diseños a un precio hasta 50% menor que en Suecia, lo que le permitió reducir sus precios aún más. El ejemplo de Polonia se volvería el arquetipo de relaciones con futuros proveedores fuera de Suecia, basadas en la confianza, contratos a largo plazo y apoyo de nuevas tecnologías por parte de IKEA. (Watson and Webster, 2020) revisaron algunos artículos, acerca de esto, generaron del 2012 al 2017, temas de este tipo, alcanzando cada día mayores niveles de citación (10,979 al mes de octubre de 2017), referentes al estudio y aplicación de la manufactura y las tecnologías, después de clasificar la literatura revisada, se elaboró una matriz donde se fueron registrando los componentes y tecnologías señalados, en esta etapa de agrupación e información, permitió precisar hacia donde se han enfocado las investigaciones y aplicaciones relacionadas a la industria 4.0 con respecto a nuevos procesos, y de acuerdo al mapeo los componentes y las tecnologías implicadas, se fortalecen en la industria 4.0 y la manufactura inteligente, arquitectura tecnológica y de soporte que integran la industria 4.0, beneficios esperados y sus perspectivas futuras (2020).

A partir de este análisis, se establecieron algunas de las implicaciones de esta iniciativa tecnológica en la industria, los negocios y el empleo, además de inferir otras búsquedas en la Web sobre las iniciativas para industria 4.0 implementadas en México y los resultados alcanzados.



*Figura 1. Categorización de tipos de tecnologías adoptadas.
Elaboración propia, literatura revisada 2020*

De acuerdo a la figura (1) se presenta lo siguiente:

1. El 42.5% de éstos buscan teorizar los conceptos asociados con la industria 4.0 y la manufactura inteligente.
2. El 33.3% hace referencia a las tecnologías que sustentan las mismas.
3. El 16.1% resaltan la importancia de los sistemas ciber físicos, como los mecanismos o el medio tecnológico que permite la fusión del medio físico con el virtual.
4. El 8.1% está vinculado con las tecnologías con la integración de la cadena de suministro y valor

3. MARCO CONTEXTUAL

En el contexto actual, la empresa SaiDesing, se enfoca en el diseño y fabricación de mobiliario enfrentando desafíos significativos debido a las crecientes demandas del mercado. La necesidad de innovar y aprovechar nuevas oportunidades se ha vuelto imperativa para mantener la competitividad. En este sentido, la investigación se centra en un caso de estudio específico. En SaiDesing, donde se exploran las implicaciones y beneficios de la implementación de equipos de Control Numérico por Computadora (CNC) en el proceso de producción.

La elección de SaiDesing como Caso de Estudio no es casualidad; representa un ejemplo concreto del sector de diseño y fabricación de mobiliario, donde la precisión y la calidad son fundamentales. Esta investigación busca comprender cómo la integración de tecnologías como CNC puede influir en la eficiencia, la precisión y la capacidad de respuesta a las demandas del mercado dentro de esta industria específica.

La información recopilada proviene de diversas fuentes, abarcando desde datos internos de la empresa hasta literatura relevante en el campo de la manufactura asistida por computadora. La conjunción de la experiencia práctica en SaiDesing y el respaldo teórico de diversas fuentes contribuirá a obtener una visión integral de los desafíos y oportunidades que presenta la implementación de tecnologías CNC en la fabricación de mobiliario. Estableciendo así la base para comprender la relevancia y el alcance de la investigación, así como la importancia de explorar cómo las tecnologías emergentes pueden impactar positivamente en las operaciones y la competitividad de las empresas en el sector de

4. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En muchos sectores industriales, el diseño de productos y procesos ha evolucionado significativamente debido al surgimiento de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, la robótica, la realidad aumentada, la fabricación aditiva (impresión 3D) y la Internet de las cosas (IoT). Estas tecnologías ofrecen nuevas posibilidades y oportunidades para mejorar los procesos de producción y el rendimiento general de una organización.

Sin embargo, también surgen desafíos al combinar el diseño y las nuevas tecnologías. Por ejemplo, la adopción de nuevas tecnologías puede requerir cambios en la infraestructura existente, la capacitación de los empleados y la reorganización de los flujos de trabajo. Además, la integración del diseño con las nuevas tecnologías puede plantear desafíos en términos de compatibilidad, interoperabilidad y seguridad.

En este contexto, es importante identificar y comprender el impacto del diseño en los nuevos procesos de producción. Esto implica analizar cómo el diseño puede influir en la eficiencia operativa, la optimización de recursos, la reducción de costos, la mejora de la calidad del producto, la aceleración de la innovación y, en última instancia, en la satisfacción del cliente.

Estos desafíos abarcan desde la posible resistencia al cambio por parte de los empleados hasta las preocupaciones financieras relacionadas con la inversión requerida. La integración de nuevas tecnologías con sistemas existentes y la necesidad de adaptar el equipo a nuevas habilidades también plantean obstáculos importantes. Además, la gestión eficaz del cambio y la cultura organizacional se convierten en aspectos cruciales para el éxito de la estrategia. La seguridad de datos, las expectativas del cliente y el manejo de una inversión financiera considerable son elementos adicionales que deben considerarse cuidadosamente. La resolución exitosa de estos desafíos requiere un enfoque integral, incluida la capacitación del personal, la gestión del cambio, la seguridad de datos y la comunicación efectiva con todas las partes interesadas. Este proceso demanda una estrategia sólida que aborde cada aspecto, asegurando una implementación exitosa y un impacto positivo en la eficiencia, calidad e innovación en la empresa.

5. OBJETIVO GENERAL

Establecer un *modelo matemático lean* que aproveche el diseño centrado en el usuario y la implementación eficaz de herramientas CAD, con el fin de innovar en los productos y procesos de producción, mejorando la experiencia del cliente y fortaleciendo la posición de la empresa en el mercado.

5.1 Objetivos Específicos

1. Analizar la importancia del diseño en los procesos de producción ya que puede influir en la **eficiencia, la calidad y la innovación**
2. Evaluar los beneficios y limitaciones de la utilización del CAD en cuanto a costos, resistencia al cambio y capacitación.
3. Implementar un **modelo matemático lean** mediante un caso práctico, proponiendo soluciones.

6. MARCO METODOLÓGICO

Desde el punto de vista de su aplicación.

Es una investigación aplicada, ya que por medio de la recolección y análisis de datos relevantes de la tecnología se aplica en un caso de estudio de la industria de fabricación de piezas de máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC), para destacar oportunidades de mejora a los procesos de producción y el rendimiento general de la organización.

Desde el punto de vista de sus objetivos

Es una investigación descriptiva y explicativa, donde se intenta exponer diferentes tecnologías y sus desafíos que implica su utilización, resistencia al cambio por parte de los empleados hasta las preocupaciones financieras relacionadas con la inversión requerida.

Desde el punto de vista de su modalidad.

Es un enfoque desestructurado ya que permite la flexibilidad de analizar las nuevas tecnologías en diferentes perspectivas, y es investigación cuantitativa ya que se utilizan datos numéricos para el entendimiento de un proceso y formular recomendaciones (Hernández-Sampieri and Mendoza, 2020).

Basándonos en lo expuesto anteriormente, se propone la implementación de una metodología para el Análisis del Impacto del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción, haciendo uso de Tecnologías Emergentes.

Esta metodología se fundamentará en la aplicación de un modelo matemático lean a través de un caso práctico, donde se utilizarán las tecnologías CAD/CAM para examinar cómo el diseño influye en la eficiencia y efectividad de los procesos de producción. El objetivo principal será evaluar el impacto del diseño en la optimización y planificación de la producción, utilizando indicadores clave de rendimiento (KPIs) que permitan cuantificar los beneficios derivados del uso de CAD en el proceso de producción. Estos indicadores no solo medirán la eficacia del diseño en términos de calidad y eficiencia, sino que también evaluarán la utilización óptima de las tecnologías CAD/CAM en la planificación y ejecución de la producción."

Fases	¿Qué?	¿Como?
<p><i>Fase 1</i> Analizar la importancia del diseño en los procesos de producción ya que puede influir en la eficiencia, la calidad y la innovación</p>	<p><i>Comprender el papel del diseño en los procesos de producción.</i></p>	<p><i>Análisis FODA</i></p>
<p><i>FASE 2</i> Evaluar los beneficios y limitaciones de la utilización del CAD en la planificación y optimización de la producción.</p>	<p><i>KPI (FÓRMULAS):</i></p> <p><i>Demanda de Producción</i></p> <p><i>Capacidad de Producción</i></p> <p><i>Reducción de inventario</i></p> <p><i>Reducción de Errores</i></p>	<p><i>Formulas</i></p> <p>$P=f(Tp, otros factores)$</p> <p>$Tp \leq \text{Capacidad Máxima}$</p> <p>$I=g(Tp, otros factores)$</p> <p>$I \leq \text{Inventario Máximo}$</p> <p>$E=h(Tp, otros factores)$</p> <p>$E \leq \text{Número Máximo Permitido de Errores}$</p>
<p><i>FASE 3</i> Implementar modelo matemático mediante un caso práctico, utilizando las tecnologías CAD/CAM LEAN.</p>	<p><i>Implementar el uso del CAD en la planificación y optimización de la producción.</i></p>	<p><i>Caso estudio practico implementación de modelo lean</i></p>

Figura 2. Análisis del Impacto del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción con el uso de Nuevas Tecnologías. Elaboración propia, 2023.

FASE 1

Analizar la importancia del diseño en los procesos de producción ya que puede influir en la eficiencia, la calidad y la innovación.

Mediante el FODA se verifica la importancia del porque implementar equipos CNC, basándose en un análisis completo de las necesidades de la empresa, la industria en la que se opera, los recursos disponibles y la estrategia a largo plazo. Si se maneja adecuadamente, la implementación de equipos CNC puede ser una inversión sólida que conduzca a mejoras significativas en la manufactura y la competitividad.

ANÁLISIS FODA

El análisis FODA son siglas que representan el estudio de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de una empresa en un mercado.

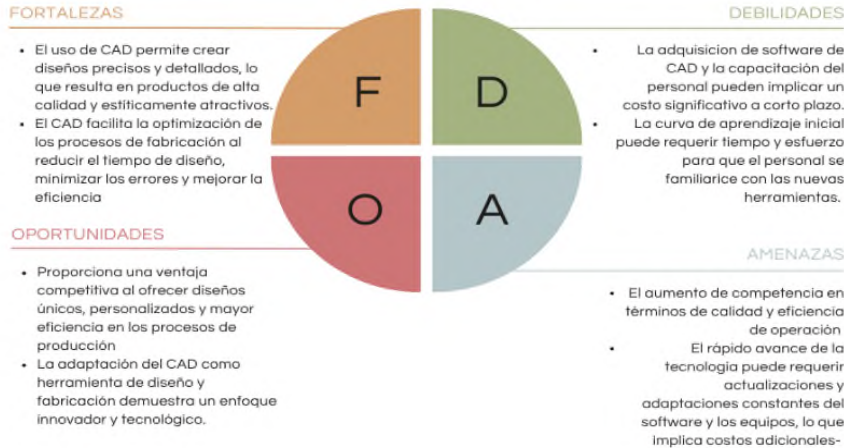


Figura 3. Análisis FODA (Elaboración con la recolección de información del caso de estudio),2024

FASE 2

Evaluar los beneficios y limitaciones de la utilización del CAD en la planificación y optimización de la producción

Por medio del diagrama de proceso, se realiza una representación gráfica que ilustra los pasos o actividades secuenciales involucrados en la ejecución de un proceso o sistema. Este tipo de diagrama es ampliamente utilizado en diversos campos, desde la fabricación y la ingeniería hasta los negocios y la administración, con el propósito de visualizar y comprender mejor cómo se lleva a cabo un proceso.

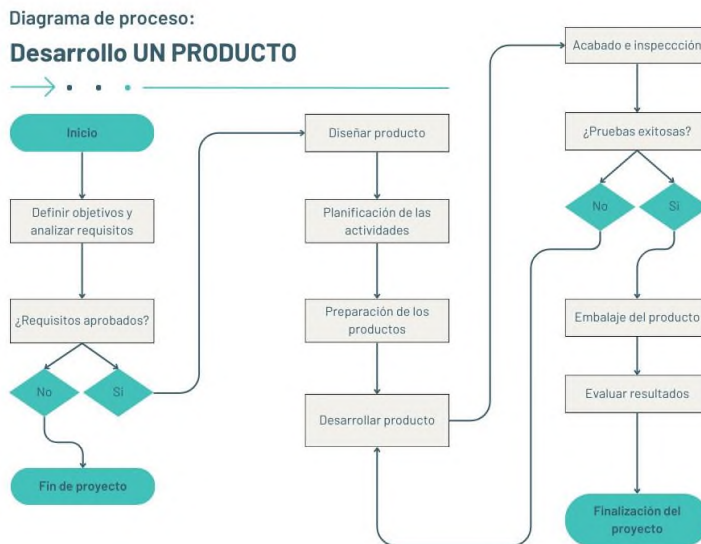


Figura 4. Diagrama de Proceso de Producción en CNC. Elaboración Propia, 2024

CASO PRÁCTICO

Con base al modelo matemático lean anterior en el Caso Práctico, se desarrolla un Plan Estratégico para una Empresa de Manufactura de Muebles y en seguida se presentan las directrices de la misma:

- *Diseño y Calidad*: Desarrollar diseños innovadores y de alta calidad que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes.
- *Eficiencia Operativa*: Mejorar la eficiencia en los procesos de producción, reduciendo costos y tiempo de entrega.
- *Expansión de Mercado*: Expandir la presencia de la empresa en nuevos mercados y segmentos, tanto a nivel nacional como internacional.
- *Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental*: Integrar prácticas sostenibles en la cadena de suministro y promover la responsabilidad ambiental.
- *Excelencia en el Servicio al Cliente*: Brindar un excelente servicio al cliente, desde la atención inicial hasta el servicio postventa.

El plan estratégico preliminar se elabora mediante el mapa estratégico:

- **Análisis de la situación actual**: Evaluar el mercado de muebles, identificar la competencia, analizar las fortalezas y debilidades internas, y comprender las necesidades y preferencias del cliente, realizado previamente en este trabajo.
 - **Definición de la visión y misión**: Establecer la dirección a largo plazo de la empresa y su propósito fundamental en el mercado de muebles.
 - **Establecimiento de objetivos estratégicos**: Definir metas específicas en términos de crecimiento de ventas, expansión geográfica, mejora de la calidad y eficiencia operativa.
 - **Desarrollo de estrategias**: Identificar estrategias clave como el desarrollo de nuevos productos, la mejora de la cadena de suministro, la expansión geográfica y la promoción de prácticas sostenibles.
- Siendo así una herramienta visual que resume y comunica la estrategia de una empresa. Su objetivo principal es proporcionar una representación clara y concisa de cómo la organización planea alcanzar sus objetivos y cumplir con su visión a largo plazo.

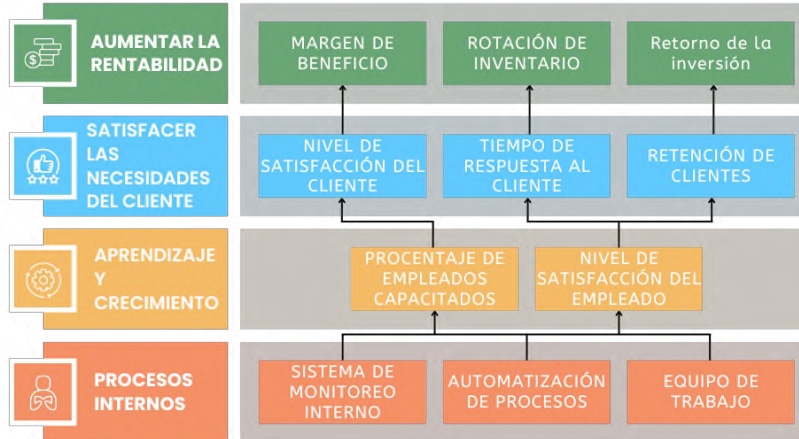


Figura 5. Mapa Estratégico. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024

La implementación de KPIs especificados en está investigación, permite a las organizaciones identificar áreas de mejora y enfocarse en la eliminación de desperdicios, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la entrega de valor al cliente de manera más efectiva.

FASE 3 Modelo Matemático Lean mediante un caso práctico, proponiendo soluciones.

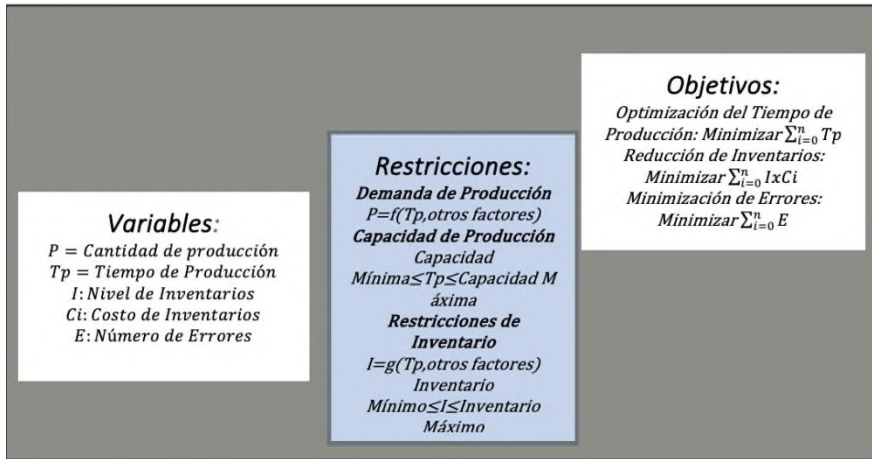


Figura 6 Modelo Matemático Lean mediante el caso práctico utilizando las tecnologías CAD/CAM

Observaciones:

- La función $f(Tp, otros factores)$ modela la relación entre el Tp y la Cp , teniendo en cuenta factores como la eficiencia de la maquinaria, la capacidad del personal, etc.
- La función $g(Tp, otros factores)$ modela cómo el nivel de inventario está relacionado con el Tp y otros factores, y establece un límite superior para el inventario.
- La función $h(Tp, otros factores)$ modela la relación entre el tiempo de producción y la ocurrencia de errores o defectos, estableciendo un límite superior para la cantidad de errores permitidos.

Solución:

- La solución óptima se encuentra minimizando la combinación ponderada de los objetivos (**tiempo de producción (Tp), inventarios ($IxCi$), Errores (E)**) teniendo en cuenta las restricciones.

KPIs a controlar y mejorar	Datos	Objetivo óptimo	Acciones de mejora
<input type="checkbox"/> Mejora en la eficiencia operativa: Minimizar Tp Minimizar Tp	Actualmente, el OEE de la empresa es del 71%.	Aumentar el OEE al 80% en los próximos seis meses.	Identificar cuellos de botella y realizar mejoras en los procesos para aumentar el rendimiento.
Reducir inventarios Reducción de Inventarios: Minimizar $IxCi$	La empresa mantiene un nivel de inventario equivalente a \$60,000.	Reducir el inventario a no más de \$30,000 para optimizar el capital y mejorar la eficiencia operativa.	Implementar un sistema de gestión de inventario justo a tiempo Monitorear Rotación de Inventarios
<input type="checkbox"/> Reducción de errores Minimización de Errores: Minimizar E	La tasa de defectos actuales es del 2%.	Lograr una tasa de defectos inferior al 1%.	Reforzar los controles de calidad en cada etapa del proceso de fabricación. - Realizar auditorías de calidad de forma regular para identificar y corregir posibles problemas.

Figura 7 Implementación y Mejora Modelo Lean Manufacturing. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024

La OEE (Eficiencia Operativa) es una métrica clave que evalúa el rendimiento global de un proceso de producción, teniendo en cuenta factores como la disponibilidad, rendimiento y calidad. Basándonos en los datos proporcionados:

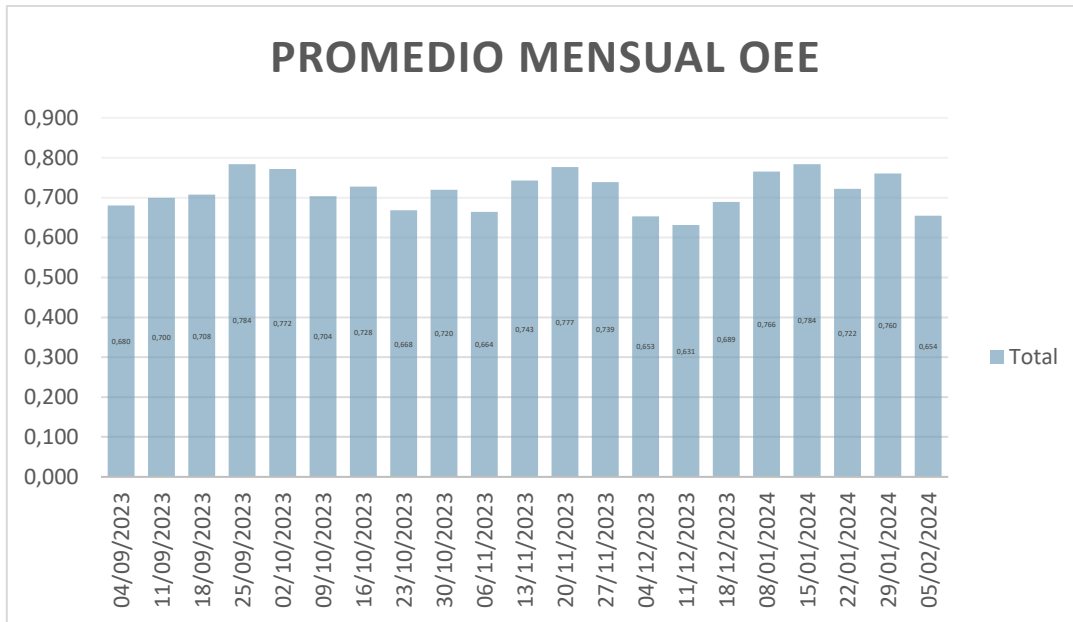
1. El OEE ha demostrado una variación a lo largo de las capturas mostradas, indicándonos como hay una notable dispersión de los resultados capturados, esto se debe de al manejo de la producción de la empresa y los proyectos que se están trabajando en cada etapa.
2. El tiempo de inactividad no planificado se ha reducido y se ha mantenido constante, este descenso sugiere una gestión más efectiva de las interrupciones imprevistas.
3. Acciones Implementadas:
 - La implementación de un programa de mantenimiento preventivo, la capacitación del personal y la optimización de la programación de producción han contribuido a mejorar el OEE.
 - Se observa que las acciones tomadas han tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa, especialmente en la reducción del tiempo de inactividad no planificado.
4. Objetivo
 - El objetivo establecido de alcanzar un OEE del 85% se logró en marzo, demostrando la efectividad de las estrategias implementadas para optimizar el rendimiento general del proceso, basado en el modelo matemático

El análisis del OEE sugiere que las medidas adoptadas han sido efectivas para mejorar la eficiencia operativa. Continuar monitoreando y ajustando estrategias ayudará a mantener y posiblemente mejorar aún más el rendimiento del proceso en el futuro (Zandin, 2018)

Etiquetas de fila	Valor OEE	Valor Calidad	Valor Disponibilidad	Valor Eficiencia
04/09/2023	68%	89%	95%	80%
11/09/2023	70%	95%	92%	80%
18/09/2023	71%	96%	95%	78%
25/09/2023	78%	93%	93%	90%
02/10/2023	77%	94%	93%	88%
09/10/2023	70%	93%	93%	82%
16/10/2023	73%	92%	94%	84%
23/10/2023	67%	90%	92%	80%
30/10/2023	72%	95%	93%	82%
06/11/2023	66%	92%	92%	78%
13/11/2023	74%	92%	91%	88%
20/11/2023	78%	92%	93%	90%
04/12/2023	65%	91%	92%	79%
11/12/2023	63%	90%	92%	76%
18/12/2023	69%	91%	92%	82%
08/01/2024	77%	91%	91%	93%

Tabla 1 Tablas de Análisis de OEE en eficiencia. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024



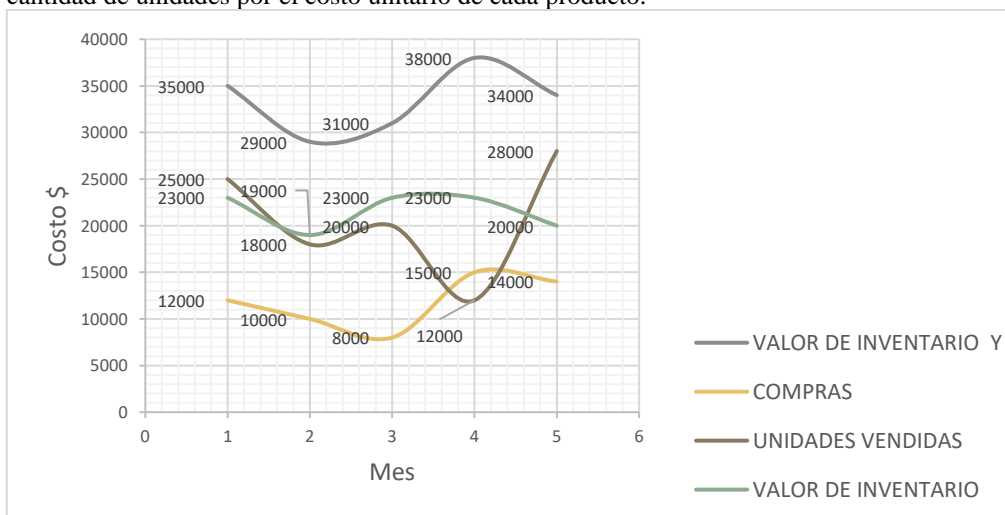


Gráfica 2 Promedio Mensual OEE. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024

En la gráfica anterior se puede visualizar el nivel de inventario, que se refiere a la cantidad total de productos o mercancías que una empresa tiene almacenada en un momento específico. Este indicador es crucial en la gestión de operaciones y logística de una organización, ya que afecta directamente a aspectos como la disponibilidad de productos para los clientes, los costos asociados al almacenamiento y la liquidez financiera de la empresa (Zandin, 2018).

Explicación de los Componentes del Nivel de Inventario:

- **Inventario Inicial:** Representa la cantidad de productos disponibles al inicio del período de medición. Este valor puede incluir productos terminados, materias primas y productos en proceso.
- **Compras:** Indica la cantidad de productos adquiridos durante el período. Esto se refiere a las adquisiciones de nuevos productos o materias primas.
- **Ventas:** Muestra la cantidad de productos vendidos durante el período. Las ventas reducen el nivel de inventario. **Valor de Inventario:** Representa el valor monetario total del inventario. Se calcula multiplicando la cantidad de unidades por el costo unitario de cada producto.



Gráfica 1. Nivel del inventario. Elaboración propia 2024

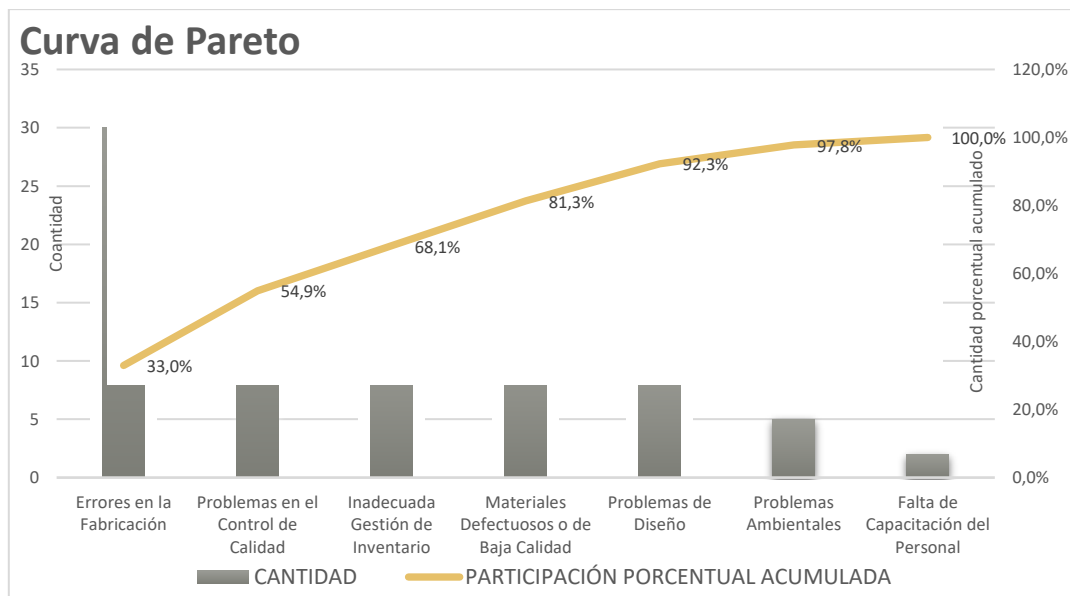
NIVEL DE CALIDAD

INCIDENCIA/CAUSA	CANTIDAD	Auxiliar	RANKING POR CANTIDAD	POSICIÓN REAL
Materiales Defectuosos o de Baja Calidad	12	12	4	1
Problemas de Diseño	10	10	5	2
Errores en la Fabricación	30	30	1	3
Problemas en el Control de Calidad	20	20	2	4
Falta de Capacitación del Personal	2	2	7	5
Inadecuada Gestión de Inventario	12	12	3	6
Problemas Ambientales	5	5	6	7

Tabla 2 Incidencias/Causas de Nivel de Inventario. Extraídos de datos de la industria del caso

INCIDENCIA/CAUSA	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA
Errores en la Fabricación	30	33%	33.0%
Problemas en el Control de Calidad	20	22%	54.9%
Inadecuada Gestión de Inventario	12	13%	68.1%
Materiales Defectuosos o de Baja Calidad	12	13%	81.3%
Problemas de Diseño	10	11%	92.3%
Problemas Ambientales	5	5%	97.8%
Falta de Capacitación del Personal	2	2%	100.0%

Tabla 3 Incidencias/Causas de Nivel de Inventario en Participación Porcentual. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024



Gráfica 3 Diagrama de Pareto. Extraídos de datos de la industria del caso práctico, 2024

Después de presentar las gráficas anteriores se resume lo siguiente:

- Se identifican los procesos clave en la fabricación de muebles. Esto puede incluir la selección de materiales, el corte de madera, el ensamblaje, la pintura y el acabado, entre otros procesos. Es importante comprender cada uno de estos procesos y cómo se relacionan entre sí para poder hacer un seguimiento efectivo.
- Se establecen estándares, estos estándares pueden incluir los tiempos de ciclo, la calidad de los productos, los niveles de inventario y otros indicadores clave de rendimiento.
- Se Implementar un sistema de seguimiento ; para hacer un seguimiento efectivo a la manufactura de muebles, se debe implementar un sistema de seguimiento que permita monitorear el desempeño de los

procesos clave. Esto puede incluir la implementación de sistemas de seguimiento de inventario, sistemas de seguimiento de producción y sistemas de seguimiento de calidad.

- Se Recopilar y analizan los datos, para un seguimiento efectivo sobre los procesos clave. Esto puede incluir datos sobre el tiempo de ciclo, la calidad de los productos y el rendimiento de los empleados. Al analizar estos datos, se pueden identificar áreas de mejora y tomar medidas para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción.
- Realizar auditorías regulares para asegurarse de que los estándares se estén cumpliendo y de que los procesos se estén llevando a cabo de manera efectiva, se deben realizar auditorías regulares. Estas auditorías pueden incluir inspecciones físicas de los productos y los procesos, así como entrevistas con los empleados.
- Hacer ajustes y mejoras, una vez que se han identificado áreas de mejora, se deben hacer ajustes y mejoras en los procesos para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción. Esto puede incluir la implementación de nuevas tecnologías, la capacitación de los empleados y la revisión de los procesos de producción.

7. CONCLUSIONES

Derivado de todo el análisis anterior en este trabajo, se fundamenta la aplicación de un modelo matemático lean a través de un caso práctico, donde se utilizarán las tecnologías CAD/CAM para examinar cómo el diseño influye en la eficiencia y efectividad de los procesos de producción.

En la fase 1 se analizo la importancia del diseño en los procesos de producción mediante el FODA ,se verifica la importancia del porque implementar equipos CNC, basándose en un análisis completo de las necesidades de la industria, los recursos disponibles y la estrategia a largo plazo, en la fase 2 se evaluan los beneficios y limitaciones de la utilización del CAD en la planificación y optimización de la producción en el caso práctico utilizado en este trabajo, en la fase 3 se propone el **Modelo Matemático Lean** proponiendo la solución optima minimizando la combinación ponderada de los objetivos, en **tiempo de producción (Tp), inventarios (IxCi), Errores (E)**), teniendo en cuenta las restricciones, se controla y mejora, los siguientes KPI's:

La mejora para poder minimizar eficiencia operativa *Minimizar Tp* se realizo con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, la capacitación del personal y la optimización de la programación de producción mejorando el OEE del **71 %** al **85 %**, presentando un impacto positivo en la eficiencia operativa, especialmente en la reducción del tiempo de inactividad no planificado.

En reducción de inventarios (IxCi), o minimizar inventarios $I = Ci$, de acuerdo a la gráfica (6) presentada, se identifican los procesos clave en la fabricación de muebles. Esto puede incluir la selección de materiales, el corte de madera, el ensamblaje, la pintura y el acabado, entre otros procesos. Analizando y relacionando estos procesos entre sí, para poder hacer un seguimiento efectivo, estableciendo estándares que incluyen los tiempos de ciclo, la calidad de los productos y los niveles de inventario.

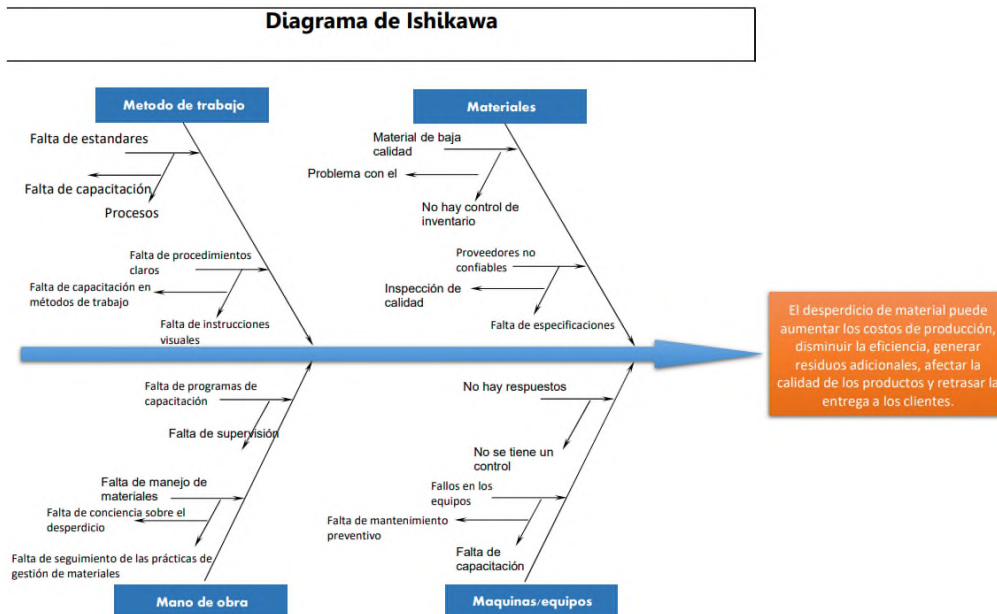
Aspecto	Ventajas	Desventajas
Costos Iniciales	Reducción de errores de diseño. Menor necesidad de prototipos físicos. Potencial ahorro a largo plazo en costos de producción.	- Costos iniciales elevados para adquisición e implementación del sistema. Necesidad de inversiones en hardware y software especializado. Posibles costos de capacitación del personal.
Eficiencia Operativa	Optimización del uso de recursos. Reducción de tiempos de producción. Mejora en la capacidad de producción.	Curva de aprendizaje para el personal al adaptarse a nuevas herramientas. Dependencia de tecnología, con posibles interrupciones del servicio. Necesidad de datos precisos para evitar errores en el diseño.

Gestión de la Producción	Mejora en la planificación y programación. Identificación y eliminación de cuellos de botella.	Requerimientos continuos de actualización y mantenimiento. Posible resistencia al cambio por parte del personal.
Innovación y Diseño	Facilita el diseño complejo y la innovación. Mayor precisión en el diseño. Agiliza el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos.	Posible necesidad de inversiones adicionales en hardware para manejar modelos más complejos. Requiere un flujo de trabajo ajustado para aprovechar al máximo las capacidades del CAD.

Tabla 4 tabla comparativa del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción Elaboración propia, 2024.

Además, se muestra una tabla para mostrar la productividad mediante la implementación de la metodología para el Análisis del Impacto del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción y haciendo uso de Tecnologías Emergentes.

Para dar seguimiento del proceso de producción se requiere la identificación de procesos clave, el establecimiento de estándares, la implementación de un sistema de seguimiento, la recopilación y análisis de datos, la realización de auditorías regulares y la implementación de mejoras y ajustes en los procesos. En la manufactura de mobiliario, incluye la implementación de programas de capacitación y desarrollo que ayuden a los empleados a mejorar sus habilidades y conocimientos en la fabricación de muebles, fomentar la colaboración y la comunicación mediante la implementación de equipos multifuncionales que trabajen juntos para mejorar los procesos y la calidad del producto, y mediante la implementación de sistemas de retroalimentación y comunicación para fomentar la colaboración y el intercambio de ideas, esto realiza mediante el diagrama de Ishikawa.



Gráfica 4 Diagrama de Ishikawa elaboración propia, 2023

Los beneficios que se generan partir de esta investigación incorporan una nueva tecnología, que quieren reducir costos de producción, mano de obra y tiempo. Asimismo, proveer de información a clientes y productores del rubro de producción automotriz a fin de darles a conocer herramientas y tecnologías para el proceso de manufactura.

La manufactura aditiva pretende cambiar e implementar nuevos procesos de producción buscando mayor flexibilidad en el sector industrial que es útil para construir modelos físicos, y prototipos, moldes para fundición de metales, herramientas y dispositivos funcionales.

Su enfoque se dirige principalmente a la manufactura de partes de reemplazo, piezas únicas, productos personalizados y ergonómicos. La incorporación de la manufactura aditiva permite establecer estándares.



Figura 8 Estándares de del Diseño en los Nuevos Procesos de Producción *Elaboración propia, 2024.*

Además, la manufactura aditiva tiene un impacto significativo en la personalización de productos. La capacidad de producir piezas únicas y adaptadas a las necesidades específicas del cliente es una ventaja clave en un mercado donde la demanda de productos personalizados está en aumento.

La manufactura aditiva puede reducir significativamente el desperdicio de material, ya que solo se utiliza la cantidad necesaria para crear la pieza específica. Esto contrasta con los métodos tradicionales de fabricación que a menudo generan desperdicio en el proceso de sustracción de material, esto se puede llevar a cabo por medio de sistemas de seguimiento



Esquema 1 Sistema de Seguimiento, *elaboración propia 2023*

La manufactura aditiva representa una evolución en la forma en que concebimos y llevamos a cabo la producción. No solo se trata de una mejora en la eficiencia y reducción de costos, sino de una transformación fundamental en la forma en que abordamos el diseño y la fabricación de productos en diversas industrias, ofreciendo oportunidades emocionantes para la innovación y la personalización, por lo que se sugiere implementar auditorías para regular cada material.

REFERENCIAS

- [1] AGUILAR, L. M. R., ABARCA, G. R. V., SORNOZA, J. M. M., and GRANDA, V. A. V. (2023): Sistema de manufactura MTO (Make to Order) aplicado en un caso práctico de una empresa que fabrica y comercializa muebles: MTO (Make to Order) manufacturing system applied in a practical case of a company that manufactures and sells furniture. **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, 4, 1239-1249.
- [2] ARAYA BELMAR, M. A., DEVLIEGER SOLLIER, F., and FARIAS FLORES, A. (2002): **Maquinaria de control numérico computarizado (CNC) y su aplicación en el proceso de remanufactura maderera** [PhD Thesis, Universidad de Talca (Chile): Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera.]. <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/5120>
- [3] ARECCO ROSE, A., CARO REDHEAD, C. F., CASTAÑEDA ALVAREZ, M. P., and PEÑA SALAS, P. S. (2020): **IKEA: El minorista de muebles para el mundo**. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/12468>
- [4] HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., and MENDOZA, C. (2020): **Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta**. McGraw-hill. <https://www.academia.edu/download/64591365/Metodolog%C3%ADvestigaci%C3%B3n.%20Rutas%20cuantitativa,%20cualitativa%20y%20mixta.pdf>
- [5] MUÑOZ, D. F. R. (2013): **Aplicaciones de la realidad virtual en la ingeniería mecánica y automotriz**. <https://www.ru.tic.unam.mx/handle/123456789/2133>
- [6] WATSON, R. T., and WEBSTER, J. (2020): Analysing the past to prepare for the future: Writing a literature review a roadmap for release 2.0. **Journal of Decision Systems**, 29, 129-147. <https://doi.org/10.1080/12460125.2020.1798591>
- [7] ZANDIN, K. B. (2018). **Manual del Ingeniero Industrial: Vol. II** (Quinta Edición). McGraw-Hill.