Propuesta de modelo ágil para procesos de co-creación en microempresas de impresión 3D[1]

Ingrid Vanessa Hernández Pineda [2]

Jeisson Camilo Urbina Martínez [3]

Sandra Milena Villamizar Villamizar [4]

Resumen

La presente investigación propone un modelo de gestión integral que permita la optimización de los procesos de co-creación en una microempresa de producción de objetos decorativos personalizados a través de la impresión 3D. El problema inicial consiste en una gestión empírica que genera vacíos o inconsistencias que derivan en re-procesos e ineficiencia operativa. Metodológicamente, se adopta un enfoque descriptivo propositivo centrado en el análisis de un emprendimiento de impresión 3D en Colombia. La propuesta integra la implementación tanto de herramientas de Design Thinking en la fase de ideación, como Scrum y tableros Kanban para la gestión ágil de la producción. Adicionalmente se formula un sistema de indicadores de gestión (KPIs) para controlar la operación y generar insumos para el crecimiento, escalabilidad y adaptabilidad.

---

[1] **Origen:** Artículo de investigación científica de tipo propositivo, desarrollado como producto final de la asignatura Trabajo de énfasis aplicado de la Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universitaria Agustiniana.

[2] Administrador de empresas, estudiante de Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Analista de compras RCN TELEVISIÓN., Bogotá D.C. Colombia. Correo: ingrid.hernandezp@uniagustiniana.edu.co

[3] Diseñador Industrial, estudiante de Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Profesional Universitario, MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, Bogotá D.C. Correo: jeisson.urbinam@uniagustiniana.edu.co

[4] Ingeniera Industrial, estudiante de Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Ingeniera residente de obra CONSTRUCTORA BUILDINGS P&C., Cúcuta, Norte de Santander. Correo: sandra.Villamizarv@uniagustiniana.edu.co

Palabras clave

Gerencia de proyectos, metodologías ágiles, manufactura aditiva, co-creación, formulación de KPIs.

Abstract

This research proposes an integrated management model to optimize co-creation processes in a micro-enterprise producing personalized decorative objects through 3D printing. The initial problem consists of empirical management that generates gaps or inconsistencies resulting in rework and operational inefficiency. Methodologically, a descriptive-propositive approach is adopted, focused on the analysis of a 3D printing startup in Colombia. The proposal integrates the implementation of both Design Thinking tools in the ideation phase and Scrum and Kanban boards for agile production management. Additionally, a system of key performance indicators (KPIs) is formulated to control the operation and generate inputs for growth, scalability, and adaptability.

Key words:

Project management, agile methodologies, additive manufacturing, co-creation, KPI formulation.

Introducción

Según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2025) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025), el sector industrial de Colombia se enfrentó a una contracción del 1,2% en la producción manufacturera para la vigencia 2025. Este ambiente advierte a las empresas, emprendimientos e iniciativas productivas que deben adaptarse y evolucionar a modelos de gestión que permitan generar versatilidad operativa ante las volatilidades del presente. En el universo de la decoración personalizada, se intensifica la alerta debido a cambios estructurales en el comportamiento del consumidor. Según el informe Consumer Insights de Kantar Worldpanel (2025), el usuario nacional ha evolucionado hacia un perfil estratégico y racional, que busca adquirir soluciones con propósito funcional y carga simbólica clara, alineado a su vez con los postulados de Max-Neef (1993) en la teoría del Desarrollo a Escala Humana, donde sostiene que las necesidades humanas fundamentales, como la identidad y la participación, se satisfacen a través de procesos creativos y relacionales.

Organizaciones del sector de la impresión 3D personalizada operan en un mercado que exige una transición rápida de la idea digital al objeto tangible, ofreciendo productos con un alto grado de configuración. Sin embargo, se enfrentan el desafío de gestionar proyectos de personalización únicos sin haber formalizado marcos metodológicos que aseguren la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Actualmente, existe una brecha crítica en la integración de metodologías de innovación como Design Thinking para estructurar la etapa de co-creación con el usuario, lo que puede derivar en una interpretación errónea de las necesidades del cliente. Asimismo, la falta de una metodología ágil para la gestión del flujo de trabajo en el taller de impresión 3D impide que

las empresas sean lo suficientemente resilientes ante cambios en los parámetros técnicos o picos de demanda. Sin la aplicación de estos marcos de trabajo, los negocios de impresión 3D corren el riesgo de sufrir cuellos de botella en la fase de modelado y altos costos por desperdicio de filamento y recursos ante iteraciones no planificadas.

El negocio del emprendimiento objeto de estudio se desenvuelve en un entorno de manufactura bajo demanda, actualmente, la organización opera bajo un modelo de gestión empírico que no ha logrado evolucionar al ritmo de su tecnología de impresión 3D.

En la fase inicial de captación de ideas, la empresa carece de protocolos estandarizados para decodificar las expectativas del usuario. Esta ausencia de un lenguaje común entre el cliente y el equipo técnico provoca que el modelado digital se base en suposiciones, lo que deriva frecuentemente en propuestas que no satisfacen los criterios estéticos o funcionales esperados. Como consecuencia, el departamento de diseño se ve atrapado en ciclos interminables de ajustes reactivos, donde el tiempo de trabajo creativo se diluye en correcciones de errores que pudieron ser prevenidos desde el primer contacto. Este fenómeno se identifica como retrabajo constante, el cual representa uno de los desperdicios más críticos en la gestión de procesos al consumir recursos duplicados para un mismo fin (Liker, 2020).

A nivel operativo, el taller de impresión 3D enfrenta una vulnerabilidad constante ante la incertidumbre técnica. La fabricación aditiva es un proceso sensible a múltiples variables; sin embargo, en este emprendimiento no existe un flujo de trabajo que permita absorber contingencias como fallos mecánicos imprevistos o cambios súbitos en la demanda estacional. Al no haber una organización de tareas que facilite la adaptabilidad, la producción se vuelve rígida y propensa a generar cuellos de

botella (Project Management Institute [PMI], 2021). Esto ocasiona que los plazos de entrega se extiendan de manera impredecible, afectando la percepción de confiabilidad de la marca.

Finalmente, el impacto económico de esta informalidad operativa es indeterminado y a su vez una amenaza. La desarticulación entre el diseño y la producción resulta en un volumen considerable de impresiones fallidas que deben desecharse. Como señalan García y Pérez (2023), la eficiencia en los entornos de fabricación digital depende de la capacidad de reducir las pruebas físicas erróneas mediante una gestión de diseño robusta. Sin una intervención que estructure la gestión de los proyectos únicos, la empresa se enfrenta a un escenario de estancamiento donde el crecimiento está limitado por el desperdicio de recursos y la incapacidad de escalar su producción de forma eficiente.

Ante este escenario, surge la necesidad de la determinación de la manera en que la implementación de marcos de trabajo ágiles permite la optimización del ciclo de producción de manufactura aditiva, en favor de la estabilización de los procesos y la reducción de desperdicios. Por consiguiente, la investigación se orienta hacia la formulación de un modelo de gestión integral basado en la visión sistémica, a través de la articulación de las metodologías ágiles con los procesos de co-creación para el mejoramiento de la eficiencia operativa y la reducción de los tiempos de entrega. El desarrollo de la propuesta comprende, inicialmente, el diagnóstico del estado actual de los procesos para la identificación de riesgos operativos bajo estándares del PMI. Posteriormente, se establece la formulación de un marco de trabajo híbrido que integre *Design Thinking* para la fase de ideación y *Scrum* para la gestión de la producción. Finalmente, se contempla la estructuración de un modelo de evaluación fundamentado en indicadores clave de gestión (KPIs) para la medición del impacto en el

aprovechamiento de recursos y el nivel de satisfacción del cliente.

Revisión de literatura

Impresión 3D: perspectivas y desafíos

La impresión 3D o manufactura aditiva se posiciona actualmente como una tecnología de uso general con la capacidad de reconfigurar los modelos de fabricación local y bajo demanda (Oliva, 2017). Sin embargo, la escalabilidad de estos modelos enfrenta desafíos relacionados con la variabilidad técnica; esto exige una caracterización rigurosa de parámetros. Entre los más comunes y fundamentales se encuentran algunos como la temperatura de la primera capa, la densidad de relleno y la velocidad de deposición, entre otros que permiten para garantizar la funcionalidad sin recurrir a procesos de ensamble (Braughton, 2025) u otros procesos posteriores relacionados con el acabado. Adicionalmente, la innovación debe trascender la mera eficacia para alcanzar una sostenibilidad, ya sea funcional o ambiental, fundamentada en el uso responsable de polímeros que minimice el desperdicio (Avila & Moreno, 2024). Bajo esta visión, la impresión 3D se integra en las cadenas de suministro de manera estratégica y permite romper paradigmas relacionados con inventarios físicos, además optimiza los tiempos de respuesta en mercados volátiles y la exigencia de inmediatez (Álvarez Guerra et al., 2024).

El factor humano en la co-creación: necesidades e identidad

La producción de objetos personalizados deja de ser un proceso exclusivamente técnico para transformarse en una respuesta a necesidades humanas de orden superior que la manufactura tradicional suele ignorar. Max-Neef (1993) establece que necesidades como la "Identidad" y la "Participación" son constantes universales, ejemplo de la participación es el modelo de co-creación que además de capturar la idea del cliente, se genera un constante acompañamiento, donde se generan validaciones progresivas de aceptación en cuanto a las

expectativas que tiene el cliente de su producto, lo que lleva a la mitigación del riesgo de des-ilusión o descontento por el resultado final. En el contexto actual, el consumidor colombiano se viene direccionando hacia un perfil de tipo estratégico que utiliza la decoración como una extensión de su identidad, demandando procesos de co-creación donde su visión sea traducida con precisión técnica (Kantar Worldpanel, 2025). Para asegurar esta alineación, el diseño iterativo permite realizar validaciones previas a la producción material mediante prototipos digitales, reduciendo la incertidumbre tanto técnica como emocional (García & Pérez, 2023). Así, la calidad se gestiona proactivamente desde el requerimiento, impidiendo que los vacíos de información deriven en desperdicios innecesarios de material y energía (Liker, 2020).

Gestión ágil en la industria 4.0

La adopción de metodologías ágiles en la fabricación digital confirma que la flexibilidad operativa es vital para mantenerse a flote ante la incertidumbre del mercado. Mientras que el marco Scrum estructura la gestión de requisitos variables mediante ciclos iterativos (Sprints) y una inspección constante del valor entregado, el uso de historias de usuario facilita la captura de requerimientos funcionales desde la perspectiva del interesado (Vinicio, 2021; Cohn, 2004). La metodología Kanban optimiza el flujo de trabajo en el taller mediante la visualización y control de microprocesos, logrando reducir la generación de desperdicios y minimizando tiempos muertos y sobreproducción (Pérez & López, s.f.). La literatura reciente sugiere que la excelencia en la agilidad industrial se alcanza al armonizar estos marcos para responder a la complejidad técnica inherente a la personalización masiva (Sánchez & Torres, 2025; Project Management Institute, 2021).

Estructuración de procesos y control mediante KPIs

La transición de una gestión empírica hacia una profesionalizada en la impresión 3D requiere herramientas de estructuración, gestión y control, mantengan una operación fluida y entregue bases que permitan escalabilidad. La implementación de una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) adaptada a la impresión 3D organiza el proyecto desde la ideación hasta la entrega final, facilitando la detección temprana de riesgos y cuellos de botella técnicos (Project Management Institute, 2021). En este sentido, el registro de fallos debe gestionarse mediante protocolos de control basados en la analítica de datos de producción (Braughton, 2025). Finalmente, la formulación e implementación de KPIs de eficiencia y calidad permite a la organización no solo el control del presente, sino la construcción de una base de lecciones aprendidas indispensable para afrontar los retos de la Industria 5.0 (Sánchez & Torres, 2025; García & Pérez, 2023).

Estrategia metodológica

La propuesta de estrategia se compone de los siguientes criterios:

Alcance: La investigación posee un alcance **descriptivo-propositivo**. Se centra en la **caracterización** de las dinámicas de manufactura aditiva y la **formulación** de un modelo de gestión integral.

Enfoque: Se establece un enfoque cualitativo. La investigación se fundamenta en la comprensión y descripción de los procesos de interacción humana y técnica. Este enfoque facilita la aplicación de la teoría de Max-Neef (1993) para la interpretación de las necesidades de identidad de los clientes. El rigor cualitativo permite la definición de un flujo de trabajo basado en la fluidez y la reducción de errores de comunicación, tal como lo sugieren García y Pérez (2023).

Universo y Muestra:

Universo: Microempresas del sector de impresión 3D en Colombia, dedicadas a la producción de artículos de decoración y personalización.

Muestra: La muestra se delimita a la unidad de análisis (emprendimiento de impresión 3D) y a la estructuración de escenarios de producción.

Instrumentos:

Análisis Documental: Técnica empleada para la revisión y extracción de lineamientos técnicos de estándares globales (PMI, 2021), teorías de desarrollo humano (Max-Neef, 1993) y literatura especializada en agilidad industrial.

Observación Sistémica: Herramienta para la identificación general de las dinámicas de interacción con el cliente y los flujos de trabajo actuales de la unidad de análisis, permitiendo la detección de oportunidades de mejora sin la intervención directa en los procesos.

Validez y rigor: La validez de esta propuesta de gestión no reside en la multiplicidad de instrumentos, sino en la consistencia interna y la trazabilidad del análisis. Al consolidar la metodología en el análisis documental y la observación sistémica, el rigor se articula bajo los siguientes criterios:

Credibilidad Documental: La arquitectura de información propuesta emana de un examen exhaustivo de marcos técnicos y normativos, garantizando que las categorías gerenciales estén fundamentadas en estándares globales de manufactura aditiva.

Transferibilidad por observación: El registro detallado de las dinámicas en la Unidad de Análisis permitirá identificar fricciones operativas reales, asegurando que los hallazgos sean aplicables a microempresas de estructura similar.

Consideraciones éticas

En el ámbito ético, este estudio se rige por la anonimización de datos de los clientes. Toda la información técnica y requerimientos de clientes se procesan sin nombres ni detalles identificables.

Resultados

Diseño del modelo de gestión

La propuesta de diseño del modelo trasciende la descripción neta de tareas, consiste entonces en el planteamiento de un ecosistema de gestión que asegure calidad y eficiencia desde el registro del requerimiento por parte del cliente hasta el despacho.

Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) de la Propuesta

La definición del alcance se materializa a través de paquetes de trabajo organizado de manera jerárquica evitando ambigüedades operativas.

Tabla 1. *Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) del Modelo de Gestión.*

Nivel 1: Proyecto	Nivel 2: Fases	Nivel 3: Paquetes de Trabajo	Nivel 4: Entregables Específicos
Modelo de Gestión Ágil para Manufactura Aditiva	**1. Diagnóstico Estratégico**	1.1 Evaluación Técnica	• Matriz de confiabilidad de equipos. • Caracterización de fallos técnicos.
		1.2 Evaluación de Procesos	• Mapa de flujos de trabajo. • Identificación de brechas de comunicación.
	2. Co-creación Identitaria	2.1 Captura de Requerimientos	• **Brief Técnico** (Max-Neef). • Definición de *User Stories*.
		2.2 Validación Visual	• Modelado CAD y **validación** de renders. • Protocolo de aprobación digital (STL).
	3. Producción Ágil	3.1 Gestión de la Producción	• **Estructuración** del *Product Backlog*. • Planificación de Sprints semanales.

		3.2 Control Visual (Lean)	• **Implementación** del Tablero Kanban. • Protocolo de reuniones Daily Scrum.
	4. Cierre y Evaluación	4.1 Propuesta de Indicadores	• **Definición** de KPIs de reproceso. • **Definición** de KPIs de material.
		4.2 Gestión del Conocimiento	• Documentación de Lecciones Aprendidas. • Informe final de la propuesta.

Nota: Elaboración propia basada en estándares del PMI (2021).

Protocolo de Diagnóstico Inicial

La propuesta se enfoca en la creación de un Protocolo de Caracterización que permita la identificación técnica de fallos recurrentes (warping y sub-extrusión) y la estimación de la capacidad instalada, estableciendo la línea base para la implementación del modelo.

Adicionalmente este diagnóstico debe identificar las dinámicas actuales de producción, identificando aspectos a mejorar y buenas prácticas.

Bitácora de Gestión Integral: Como estrategia central para evitar la duplicidad de registros y el uso de papel, se propone la Bitácora de Gestión Integral. Este instrumento digital único consolida todos los instrumentos de las fases 2, 3, y 4; garantizando que la información fluya sin interrupciones y que además recogerá los datos para la toma de decisiones y la mejora continua.

Tabla 2. *Arquitectura de la bitácora digital propuesta*

Módulo Operativo	Campos de Registro	Propósito de Gerencia de Proyectos
I. Apertura y Co-creación	• **Brief:** Satisfactores de identidad y participación (**Max-Neef**). • **Criterios de Aceptación:** Definición de la expectativa estética del cliente.	**Aseguramiento** de la alineación con el valor percibido por el interesado.
II. Modelo	• **Parámetros Técnicos:** Temperatura, velocidad y relleno (**Braughton**). • **Validación Digital:** Fecha de aprobación de render o archivo STL.	**Mitigación** de riesgos técnicos y reducción de desperdicios en la fuente.
III. Flujo Ágil (Sprint)	• **Estado Kanban:** Ubicación en flujo (Diseño, Impresión, Post-procesado). • **Incidentes Daily:** Bloqueos técnicos detectados en las últimas 24 horas.	**Monitoreo** de la fluidez operativa y eliminación de cuellos de botella.
IV. Cierre y Evaluación	• **Registro de Reprocesos:** Documentación de fallas (Warping / Sub-extrusión). • **Eficiencia de Material:** Peso neto vs. filamento total consumido.	**Medición** del desempeño y base para el cálculo de indicadores (KPIs).
V. Gestión del Conocimiento	• **Lecciones Aprendidas:** Ajustes paramétricos para futuras producciones similares. • **Nivel de Satisfacción:** Validación final del cierre del proyecto.	**Sistematización** del conocimiento para la mejora continua del taller.

Nota: Elaboración propia (2026).

Brief de Co-creación (identificación de necesidades): Se propone un Brief Técnico basado en los postulados de Max-Neef (1993). Este instrumento trasciende la toma de pedidos convencional, permitiendo la decodificación de necesidades de identidad y participación. La validación obligatoria del diseño mediante renders digitales actúa como el primer filtro de calidad, reduciendo la probabilidad de desperdicio físico de polímeros.

Integración Scrum-Kanban: La administración del taller se fundamenta en un modelo híbrido. El marco Scrum se destina a la gestión de la incertidumbre en la fase de modelado, mientras que el sistema Kanban asegura la fluidez del trabajo en las impresoras. Esta articulación facilita la detección de cuellos de botella y la optimización de la capacidad instalada sin requerir una reestructuración profunda de los recursos actuales.

Roles y Responsabilidades: La estructura organizacional bajo este modelo busca la autopoiesis y la claridad operativa:

- Product Owner (Gerente de Proyecto): Responsable de la visión del producto y de gestionar el Product Backlog. Es el puente entre el cliente (quien aporta la necesidad de identidad y creación según Max-Neef) y el equipo técnico.
- Scrum Master (Facilitador de Producción): Encargado de eliminar impedimentos técnicos, tales como fallos de extrusión, falta de insumos o desequilibrios en la carga de trabajo de las impresoras.
- Equipo de Desarrollo (Diseñadores y Operarios): Célula multidisciplinar encargada del modelado CAD, el slicing (laminado) y la supervisión de la impresión física.

Ficha de Registro de Reprocesos:

El formato deberá incluir los campos que permitan documentar el número y descripción de piezas que se imprimen o

diseñan de nuevo, identificando las causas que pudieron haber generado la falla.

Propuesta del Sistema de Indicadores (KPIs)

Para la evaluación futura del éxito del modelo, se definen métricas centradas en la eficiencia técnica y la satisfacción del interesado.

Tabla 3. *Propuesta de Indicadores de Gestión (KPIs).*

Nombre del Indicador	Propósito de la Medición	Método de Cálculo
Tasa de Reproceso	**Identificación** de piezas con fallos técnicos o estéticos.	$\left(\frac{Piezas\ re-impresas}{Total\ órdenes}\right) x\ 100$
Eficiencia de Material	**Cuantificación** del desperdicio de filamento (soportes/fallos).	$\left(\frac{Peso\ neto\ producto}{peso\ filamento\ consumido}\right)$
Alineación Identitaria	**Evaluación** de la efectividad del Brief de co-creación.	$\left(\frac{Renders\ aprobados\ (1ra\ iteración)}{Total\ renders}\right)$

Nota: Elaboración propia (2026).

Discusión y conclusiones

Contraste con la literatura:

La validación teórica de la propuesta del modelo demuestra que los postulados de Max-Neef (1993) el valor de la impresión 3D personalizada reside en la capacidad del objeto como satisfactor de identidad. La propuesta de integrar Scrum a su vez permite adaptabilidad y resiliencia en la operación en un nivel superior ante contextos y requisitos variables alineado a la postura de Sánchez y Torres (2025) cuando hace referencia a la flexibilidad industrial. De igual manera, la incorporación de parámetros expuestos por Braughton (2025) en el desarrollo de la EDT permite ejercer control de calidad en las diferentes etapas de producción.

En cuanto a las perspectivas y desafíos técnicos se identificó a través de la literatura que los principales obstáculos técnicos son los fallos mecánicos y la variabilidad, por esto se decidió incorporar análisis de Braughton (2025), teniendo en cuenta la caracterización de materiales en la búsqueda de la confiabilidad del proceso.

La propuesta del Brief se sustenta en la Teoría del Desarrollo a Escala Humana de Max Neef (1993). Por un lado la literatura señala que la personalización masiva suele fracasar por la "subjetividad interpretativa", mientras que en la propuesta se utiliza el diseño como una herramienta de interpretación de la necesidad de identidad. Adicionalmente, la tarea de realizar las validaciones digitales previas a la producción actúa como un eslabón en la cadena que une el deseo del cliente y la realidad técnica y maximiza las condiciones para que el producto actúe como satisfactor de identidad.

Entre tanto, el SCRUM actúa como un motor de resiliencia, en la propuesta, el uso de esta metodología sumada a los tableros Kanban permiten que la organización gestione aspectos de incertidumbre de los pedidos validando los

postulados de Cohn (2004) sobre la adaptabilidad como ventaja competitiva.

Por otro lado, la propuesta incorpora elementos de gestión y control de la operación mediante KPIs, la integración de estas métricas bajo estándares del PMI (2021) garantiza que el control no sea una carga administrativa, sino una herramienta para la detección temprana de anomalías y de mejora continua.

Cumplimiento de objetivos:

Alcanzar el primer objetivo se fundamenta en la definición de un protocolo de diagnóstico empresarial, identificando fallas operativas. La caracterización de los fallos técnicos según lo establecido en Braughton (2025) permite establecer una línea técnica base sin intervenir profundamente la organización.

En cuanto al segundo objetivo, la propuesta da cumplimiento a través de la creación de EDT y la configuración de la bitácora de gestión integral, en este componente se unifican dos dimensiones, la humana, a través de la identificación de necesidades basadas en Max-Neef (1993) y la operativa a través de la implementación de metodologías como Scrum y Kanban.

Para el cumplimiento del tercer objetivo, la propuesta incluye métricas enfocadas en la optimización de recursos, destinadas al uso eficiente de los insumos y de la reducción de reprocesos.

En conclusión, la interacción de estos tres componentes asegura la viabilidad del modelo propuesto. La viabilidad digital y la traducción técnica de la necesidad del cliente conducen la gestión a la profesionalización de la impresión 3D, sobrepasando la simple capacidad instalada y el hardware.

Limitaciones Metodológicas

La validez de la presente investigación se encuentra delimitada por su carácter de propuesta. Una de las restricciones de estudio es la ausencia de recolección de datos en la experiencia, lo que

impide realizar comparaciones estadísticas y validaciones post-intervención. De igual manera, el alcance se configura hasta la modelación para una microempresa de impresión 3D, por lo que para ser escalable o extrapolado a dinámicas a gran escala o materiales de una complejidad diferente, requeriría de ajustes adicionales no contemplados en este estudio

Recomendaciones Prácticas

Para el sector de productos personalizados a través de impresión 3D se recomienda la implementación de protocolos de co-creación basados en la identidad del cliente.

Para la gestión organizacional se recomienda implementar las herramientas de validación digital previa a la fabricación para la optimización de recursos y la alineación con las expectativas del cliente.

Conclusiones

La culminación de este estudio permite la validación de las herramientas de la gerencia de proyectos como un potenciador de las capacidades de las organizaciones, en este caso dedicadas a la impresión 3D. La mitigación de los reprocesos técnicos halla su solución en la arquitectura de información y no únicamente en la capacidad instalada del hardware. La sinergia entre la sensibilidad humana de Max-Neef (1993) y la precisión técnica de Braughton (2025), articulada bajo marcos ágiles, constituye el nuevo estándar de calidad para la producción personalizada.

Futuras Investigaciones en Gerencia de Proyectos

La proyección académica derivada de esta propuesta abre nuevos campos de indagación para la disciplina gerencial:

Gerencia de Proyectos e Inteligencia Artificial: La evaluación de la automatización en la captura de requerimientos mediante algoritmos de procesamiento de lenguaje natural integrados al Brief.

Agilidad y Economía Circular: El estudio de modelos de gestión ágil aplicados a la trazabilidad y re-uso de polímeros sobrantes en la industria 4.0.

Madurez gerencial en Microempresas: La configuración de marcos de trabajo híbridos específicos para organizaciones con recursos limitados, buscando la estandarización de la agilidad sin la carga administrativa tradicional.

Referencias

Álvarez Guerra, J., Ruiz, M., & Ortiz, F. (2024). *Logística y gestión de inventarios en la era de la manufactura aditiva*. Editorial Universitaria.

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI]. (2025). *Informe de coyuntura industrial: Desafíos de la manufactura nacional*. https://www.andi.com.co/informe2025

Avila, R., & Moreno, S. (2024). *Sostenibilidad y polímeros en la impresión 3D: Hacia una economía circular*. Revista de Ingeniería Ambiental, 8(2), 112-125.

Braughton, T. (2025). *Advanced additive manufacturing: Technical standards and failure analysis in FDM systems*. Industrial Press.

Cohn, M. (2004). *User stories applied: For agile software development*. Addison-Wesley Professional.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2025). *Boletín técnico: Encuesta mensual manufacturera con enfoque territorial*. https://www.dane.gov.co/boletin2025.

García, J., & Pérez, M. (2023). *Gestión de diseño y eficiencia en la fabricación*

Kantar Worldpanel. (2025). *Consumer Insights Colombia: El nuevo perfil del consumidor estratégico*.

https://www.kantarworldpanel.com/co/insights2025.

Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Max-Neef, M. A. (1993). *Desarrollo a escala humana: Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Icaria Editorial.

Oliva, A. (2017). *Impresión 3D: La nueva revolución industrial y sus modelos de negocio*. Ediciones de la U.

Pérez, R., & López, S. (s.f.). *Kanban y Lean Manufacturing: Guía práctica para la reducción de desperdicios en talleres*. Instituto de Productividad Industrial.

Project Management Institute [PMI]. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (7th ed.). Project Management Institute.

Sánchez, A., & Torres, L. (2025). *Industria 5.0: La convergencia entre la agilidad operativa y el valor humano en la manufactura digital*. Revista Iberoamericana de Ingeniería y Gestión, 12(2), 45-62.

Vinicio, D. (2021). *Metodologías ágiles y el marco Scrum: Un enfoque hacia la calidad*

Apéndices

Apéndice A: Diagnóstico situacional de la unidad de estudio

Apéndice B: Protocolo de caracterización técnica (Instrumento).

Apéndice C: Brief Técnico de Co-creación Digital (Design Thinking).

Apéndice D: Bitácora de Gestión Integral (Instrumento Maestro).

Apéndice E: Modelo de Implementación Híbrido (Scrum-Kanban).

Apéndice F: Ficha de Registro de Reprocesos y Control de Fallos.

Apéndice G: Tablero de Control de Indicadores de Gestión (KPIs).