



Revisión bibliográfica sobre los impactos de la impresión 3D como innovación en el sector de la
construcción en Colombia

Leandra Cristina Obando Córdoba

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Diciembre de 2025

Revisión bibliográfica sobre los impactos de la impresión 3D como innovación en el sector de la
construcción en Colombia

Leandra Cristina Obando Córdoba

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesora

Doris Amanda Rosero García

Microbióloga, M.Sc., PhD.

Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Diciembre de 2025

Contenido

Lista de tablas	6
Lista de anexos.....	7
Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del problema.....	13
1.2 La pregunta de investigación.....	15
1.3 Los objetivos de investigación	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	18
2.1. Marco de Antecedentes	18
2.2. Marco Teórico	20
2.2.1 Fundamentos y evolución de la impresión 3D en la construcción	20
2.2.2. Reducción de tiempos y costos en la ejecución de proyectos	21

2.2.3. Sostenibilidad y reducción del impacto ambiental	21
2.2.4. Innovación en el diseño arquitectónico y la personalización	22
2.2.5. Retos normativos y de integración tecnológica.....	22
2.3. Marco normativo.....	23
3. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Enfoque y alcance de la investigación.....	25
3.2. Población y muestra.....	26
3.2.1. Definición de la población	26
3.2.2. Unidades de análisis	27
Selección de fuentes y criterios	27
Criterios de inclusión.....	27
Criterios de exclusión	28
3.3. Instrumento(s).....	28
3.4. Descripción de procedimientos	29
3.5. Análisis de información.....	30
3.6. Consideraciones éticas.....	30
Análisis de consideraciones éticas	30
4. RESULTADOS	31
5. DISCUSIÓN	43
6. CONCLUSIONES.....	50

7. RECOMENDACIONES 54

Referencias..... 56

Anexos 68

Lista de tablas

Tabla 1: Código de matriz de análisis documental 32
Tabla 2: Matriz de análisis documental 32

Lista de anexos

Anexo 1: Manual de uso de la matriz de análisis documental 68

Resumen

El presente trabajo de grado tiene como objetivo analizar los impactos sociales, técnicos, normativos y culturales de la impresión 3D como innovación aplicada al sector de la construcción en Colombia. La investigación se desarrolla a partir de una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo e interpretativo, basada en el análisis de treinta documentos seleccionados mediante muestreo intencional, considerando criterios relacionados con la aplicación de la impresión 3D en contextos urbanos y rurales del país y su contribución a procesos constructivos más eficientes y sostenibles. El estudio permite identificar el estado actual del conocimiento, los avances tecnológicos disponibles, los principales desafíos normativos y las percepciones socioculturales asociadas a esta tecnología emergente. Para el análisis de la información se emplea una matriz documental que facilita la sistematización y el análisis temático de los datos. Los resultados evidencian que la impresión 3D posee un alto potencial para transformar los métodos constructivos tradicionales, reducir tiempos de ejecución y optimizar recursos; sin embargo, su implementación enfrenta limitaciones relacionadas con la regulación, la estandarización técnica y la aceptación cultural. Se concluye que es necesario fortalecer los marcos normativos, promover la investigación local y desarrollar proyectos piloto que impulsen la adopción de esta tecnología en el sector de la construcción en Colombia

Palabras clave: Impresión 3D en la construcción; innovación tecnológica; construcción en Colombia; revisión bibliográfica; normatividad en construcción.

Abstract

This thesis aims to analyze the social, technical, regulatory, and cultural impacts of 3D printing as an innovation applied to the construction sector in Colombia. The research is based on a qualitative and interpretive literature review, analyzing thirty documents selected through purposive sampling. These documents were chosen based on criteria related to the application of 3D printing in urban and rural contexts of the country and its contribution to more efficient and sustainable construction processes. The study identifies the current state of knowledge, available technological advancements, the main regulatory challenges, and the sociocultural perceptions associated with this emerging technology. A document matrix is used to facilitate the systematization and thematic analysis of the data. The results demonstrate that 3D printing has high potential to transform traditional construction methods, reduce execution times, and optimize resources; however, its implementation faces limitations related to regulation, technical standardization, and cultural acceptance. It is concluded that it is necessary to strengthen regulatory frameworks, promote local research, and develop pilot projects that encourage the adoption of this technology in the construction sector in Colombia.

Keywords: 3D printing in construction; technological innovation; construction in Colombia; literature review; construction regulations.

Introducción

La impresión 3D aplicada a la construcción se ha consolidado como una de las tecnologías más innovadoras dentro del marco de la Industria 4.0, debido a su capacidad para transformar procesos constructivos tradicionales mediante la automatización, la optimización del uso de materiales y la posibilidad de generar diseños altamente personalizados (Buswell et al., 2018). Internacionalmente, esta tecnología ha permitido construir viviendas, componentes estructurales y prototipos arquitectónicos en tiempos significativamente menores y con reducciones sustanciales en el desperdicio de materiales (Ozturk & Ozturk, 2019). En Colombia, aunque la adopción aún se encuentra en una fase incipiente, estudios piloto desarrollados por empresas como Concreto (2021) y Cementos Argos en conjunto con la Universidad Nacional (2024) han demostrado su viabilidad técnica, especialmente para proyectos de vivienda social y construcción modular.

A pesar de su potencial, la impresión 3D enfrenta limitaciones importantes en el país, entre ellas la ausencia de un marco normativo específico, brechas técnicas y logísticas, desconocimiento comunitario y resistencia cultural frente a tecnologías emergentes, así como altos costos iniciales de implementación (ICONTEC, 2024; Semana, 2022). Estos factores plantean un panorama complejo que exige investigar con profundidad sus impactos y posibilidades de adopción.

En este contexto surge el problema de investigación central: ¿cuál es el impacto y los cambios a los que se enfrenta la industria de la construcción en Colombia con la implementación de la impresión 3D? Esta pregunta se vuelve relevante en un país donde el déficit habitacional,

los altos costos de construcción, la falta de mano de obra calificada y la necesidad de procesos más sostenibles exigen alternativas innovadoras (DNP, 2022; Iribar, 2023).

La justificación de este estudio se fundamenta en la pertinencia de evaluar una tecnología que, aunque emergente, tiene el potencial de mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos, disminuir impactos ambientales y expandir las posibilidades del diseño arquitectónico (Colin & Gómez, 2024). Asimismo, la investigación documental constituye una estrategia metodológica adecuada para analizar tecnologías en consolidación, permitiendo integrar información científica, técnica y normativa que sirva de soporte para la toma de decisiones en empresas constructoras, entidades estatales y programas académicos (Arias, 2006; Palella & Martins, 2010).

Con base en lo anterior, el objetivo general consiste en analizar el impacto de la implementación de la impresión 3D en la industria de la construcción en Colombia mediante una revisión bibliográfica. Los objetivos específicos buscan: (1) examinar los cambios que ha generado esta tecnología en sostenibilidad y reducción de residuos; (2) identificar sus beneficios en tiempos y costos; y (3) analizar los retos técnicos, normativos y culturales que condicionan su adopción en el país.

La revisión literaria realizada evidencia que la impresión 3D permite reducir entre un 10 % y 20 % los tiempos de ejecución, aumentar la productividad entre un 20 % y un 30 %, y disminuir el desperdicio de material entre un 15 % y un 30 %, según los estudios piloto desarrollados en Colombia (Cementos Argos & Universidad Nacional de Colombia, 2024). Esto coincide con investigaciones internacionales que destacan mejoras en eficiencia, reducción de errores y disminución de residuos (CEMEX Ventures, 2023; Bos et al., 2020). Adicionalmente, en el país se han logrado avances significativos en el diseño de prototipos y en el desarrollo de

impresoras de gran formato, como lo evidencian los trabajos de Mesa (2017) y Vargas (2021).

Sin embargo, persisten vacíos en materia de regulación, comportamiento estructural en contextos sísmicos y aceptación social de la tecnología (Kamin, 2021; Semana, 2022).

Metodológicamente, este estudio se basa en un enfoque cualitativo y un diseño documental, sustentado en la revisión y análisis de 30 documentos seleccionados intencionalmente por su relevancia temática, técnica y normativa, siguiendo los lineamientos de Hernández Sampieri et al. (2022). La información fue organizada en una matriz documental que facilitó la codificación, categorización y análisis interpretativo de los contenidos.

De esta revisión emergen resultados contundentes: la impresión 3D ofrece beneficios técnicos, económicos y ambientales, amplía la capacidad de innovación arquitectónica y permite abordar necesidades de vivienda e infraestructura con mayor rapidez. No obstante, la adopción plena de esta tecnología en Colombia requiere superar desafíos normativos, culturales y tecnológicos.

En síntesis, la impresión 3D representa una oportunidad estratégica para modernizar el sector de la construcción en Colombia. Sus ventajas en eficiencia, sostenibilidad y diseño la convierten en una alternativa viable para enfrentar los retos actuales del país, pero su implementación depende de avances en regulación, formación profesional, inversión tecnológica y articulación institucional. Las conclusiones de este estudio permiten afirmar que Colombia cuenta con condiciones favorables para avanzar hacia una construcción más innovadora, sostenible y automatizada, siempre que se fortalezcan los mecanismos de investigación, regulación y desarrollo tecnológico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La construcción es una de las actividades económicas más relevantes a nivel global y, como tal, enfrenta diversos retos que afectan su crecimiento y sostenibilidad. Según la Expoconstrucción Expodiseño entre los desafíos más recientes identificados se encuentran la escasez de mano de obra calificada, el impacto ambiental, el aumento constante en los costos de los materiales y la necesidad de incorporar nuevas tecnologías que optimicen los procesos constructivos (2025). En este contexto, el sector se encuentra ante la necesidad de transformarse y alinearse con los avances propios de la llamada Industria 4.0, una nueva etapa del desarrollo industrial caracterizada por la integración de tecnologías digitales que buscan aumentar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad en la producción (Deloitte, 2014).

Para lograr esta transformación, es fundamental la colaboración entre disciplinas como la ingeniería civil y la arquitectura, pues solo mediante el trabajo interdisciplinario es posible impulsar la innovación que el sector requiere. Esta integración facilita la generación de soluciones más efectivas y sostenibles, lo que a su vez puede contribuir a mejorar significativamente la calidad de vida en las comunidades (Schönbeck, Löfsjögård & Ansell, 2021).

En este escenario, la impresión 3D ha emergido como una de las tecnologías más prometedoras en el ámbito de la ingeniería civil. Esta técnica permite fabricar estructuras mediante la superposición de capas de material, lo que facilita la personalización de diseños, reduce la generación de residuos y acorta considerablemente los tiempos de construcción

(Buswell et al., 2018). Su aplicación ya ha sido probada con éxito en países como China, Dubái y varias naciones europeas, donde se han desarrollado viviendas, puentes y otros tipos de infraestructura, demostrando su viabilidad técnica y económica (Iribar, 2023). No obstante, en América Latina, su adopción aún es limitada, aunque se han dado algunos avances.

En el caso de Colombia, existe un creciente interés por fomentar prácticas constructivas más eficientes y sostenibles. Este propósito se evidencia en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026, que contempla la innovación tecnológica como una prioridad en el sector infraestructura (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2022). A pesar de ello, el uso de impresión 3D en la construcción aún carece de un marco estratégico claro para su integración. No obstante, ya se han dado pasos significativos: en Antioquia, por ejemplo, se han construido viviendas de 60 m² en apenas 15 horas, utilizando concreto impreso directamente en el sitio, lo que ha permitido reducir costos y tiempos de ejecución, haciendo más accesible la vivienda (Valer, 2025).

Este tipo de innovación podría tener un alto impacto en regiones apartadas, donde las condiciones geográficas, la limitada infraestructura vial y la escasa disponibilidad de materiales dificultan la ejecución de obras civiles. En este tipo de contextos, la impresión 3D podría representar una solución viable para afrontar el déficit de vivienda y mejorar la calidad de vida de las comunidades. Sin embargo, su implementación en estas zonas es prácticamente inexistente, debido a factores como el desconocimiento de la tecnología, la falta de inversión en equipos y formación técnica, la ausencia de normativas específicas, y el escaso interés de las empresas constructoras por adoptar procesos innovadores.

A pesar de sus beneficios comprobados, la impresión 3D también presenta limitaciones técnicas y logísticas. Entre sus principales desventajas se encuentran la baja precisión en

comparación con métodos tradicionales, la limitada variedad de materiales disponibles y el impacto en la reducción de mano de obra, lo que genera preocupaciones sociales y económicas (Dassault Systèmes, s.f.). Estas limitaciones contribuyen a que se sigan utilizando modelos constructivos tradicionales que, además de ser costosos y lentos, perpetúan la desigualdad tecnológica entre las zonas urbanas y rurales del país.

Frente a este panorama, se hace necesario desarrollar una investigación documental que permita analizar el estado actual, las ventajas potenciales y las barreras que enfrenta la adopción de la impresión 3D en el sector de la construcción en Colombia, con especial atención a su aplicabilidad en territorios alejados y rurales, donde las necesidades habitacionales son urgentes y las condiciones geográficas exigen soluciones técnicas innovadoras.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto y los cambios a los que se enfrenta la industria de la construcción en Colombia con la implementación de la impresión 3D?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar el impacto de la implementación de la impresión 3D en la industria de la construcción en Colombia a través de una revisión bibliográfica.

1.3.2 Objetivos específicos

Establecer los cambios que ha generado la impresión 3D en el ámbito de la sostenibilidad y reducción de residuos en la construcción.

Identificar los beneficios de la impresión 3D en la disminución de costos y el tiempo de construcción.

1.4 Justificación de la investigación

La investigación documental sobre el impacto de la impresión 3D en la construcción en Colombia reviste una importancia considerable en el actual panorama industrial, donde la modernización de procesos y la búsqueda de prácticas más sostenibles se han convertido en prioridades ineludibles (Expoconstrucción Expodiseño, 2025; Schönbeck, Löfsjögård & Ansell, 2021). En un contexto donde la escasez de mano de obra calificada y los elevados costos de los materiales representan barreras significativas para el desarrollo eficiente de los proyectos, la impresión 3D se configura como una solución innovadora capaz de transformar las prácticas convencionales, impulsando la productividad, reduciendo tiempos y costos de ejecución (Kamin, 2021; Universidad Nacional de Colombia, 2023). De acuerdo con estudios recientes realizados en el país, esta tecnología ha logrado disminuir los tiempos de construcción en un 10-20 %, aumentar la productividad en un 30 % y mitigar los desperdicios de materiales en un 15-30 %, cifras que ponen en evidencia el potencial transformador que encierra para la industria (Cementos Argos & Universidad Nacional de Colombia, 2024). No obstante, persisten barreras

normativas, técnicas y culturales que obstaculizan su masificación y la consolidación de su uso en proyectos a gran escala (ICONTEC, 2024; Universidad de los Andes, 2022).

El desarrollo de esta investigación documental es factible, dado que se apoya en el análisis exhaustivo y sistemático de fuentes primarias y secundarias, tales como artículos científicos, tesis, reportes gubernamentales e informes técnicos (Arias, 2006; Palella & Martins, 2010). Esto asegura la rigurosidad metodológica y permite construir un panorama detallado de las experiencias y resultados obtenidos con la impresión 3D en la práctica nacional. Los resultados de esta investigación contribuirán no solo al enriquecimiento del conocimiento científico y académico, sino también a fortalecer las líneas de investigación de instituciones como la de UNIMINUTO, ofreciendo un análisis riguroso y actualizado sobre una tecnología que tiene un impacto directo en la calidad de vida de las comunidades y en la competitividad de las empresas constructoras (Universidad Javeriana, 2023). Así mismo, esta investigación potenciará las habilidades de análisis y argumentación de los estudiantes, al tiempo que aportará herramientas valiosas para la toma de decisiones estratégicas en el marco de la gerencia de proyectos.

Desde una perspectiva metodológica, esta investigación documental permitirá realizar un análisis comparativo entre casos nacionales e internacionales, identificando factores técnicos, económicos y sociales que inciden en la adopción de la impresión 3D (Mesa, 2017). Este análisis crítico facilitará la formulación de recomendaciones orientadas a superar las limitaciones que enfrenta actualmente el sector. De igual forma, se indagarán los beneficios de la impresión 3D en cuanto a reducción de costos y tiempos, sostenibilidad ambiental y personalización de diseños, aspectos de gran relevancia para empresas pioneras como Concreto y Cementos Argos, que han desarrollado experiencias significativas en el país (Concreto, 2021). Para la autora de

esta investigación, como ingeniera civil en formación de especialización en gerencia de proyectos, este trabajo representa una valiosa oportunidad de crecimiento personal, disciplinario y profesional, consolidando competencias en gestión de proyectos innovadores y sostenibles.

El propósito esencial de esta investigación documental consiste en visibilizar las oportunidades que ofrece la impresión 3D para el desarrollo de soluciones constructivas más sostenibles, eficientes y acordes a las realidades geográficas y socioeconómicas de Colombia, especialmente en aquellas regiones rurales o apartadas donde la escasez de recursos y las limitaciones logísticas han sido históricamente obstáculos significativos para el acceso a vivienda digna (Ministerio de Vivienda, 2023). Al aportar insumos concretos para la toma de decisiones en la industria y en la formación de futuros especialistas en gerencia de proyectos, esta investigación se proyecta como un aporte fundamental para consolidar la impresión 3D como una herramienta transformadora en la industria de la construcción en Colombia.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

- El estudio de Marifah, Saputri y Permadi (2025) desarrolla una revisión sistemática de literatura sobre la tecnología de impresión 3D aplicada a la innovación y sostenibilidad en el sector de la construcción. La investigación analiza un conjunto de publicaciones científicas que abordan el uso de la fabricación aditiva como alternativa a los métodos constructivos tradicionales, destacando su capacidad para reducir desperdicios, optimizar el uso de materiales y mejorar la eficiencia de los procesos constructivos. La revisión

identifica que la impresión 3D contribuye a la automatización de la construcción y a la implementación de prácticas más sostenibles; sin embargo, también señala desafíos relacionados con los costos iniciales, la disponibilidad tecnológica y la necesidad de marcos normativos claros. Asimismo, el estudio evidencia que la mayoría de investigaciones se concentran en contextos internacionales, con escasa aplicación en países en desarrollo. Los autores concluyen que es necesario fortalecer la investigación aplicada y adaptar estas tecnologías a contextos locales, lo cual resulta pertinente para el análisis del sector de la construcción en Colombia (Marifah et al., 2025).

- El estudio de Banihashemi, Akbarnezhad, Sheikhhoshkar, Bril El Haouzi y Rolfe (2025) presenta una revisión amplia de la literatura sobre la impresión 3D como tecnología sostenible aplicada al sector de la construcción. La investigación analiza más de setenta y cinco publicaciones académicas enfocadas en los avances técnicos, la eficiencia material y la integración digital de la fabricación aditiva en procesos constructivos. La revisión identifica que la impresión 3D ofrece beneficios significativos en términos de reducción de residuos, optimización del uso de recursos y automatización de la construcción, contribuyendo a modelos productivos más sostenibles. No obstante, el estudio también evidencia limitaciones asociadas a la estandarización técnica, la durabilidad de los materiales y la ausencia de normativas consolidadas que regulen su implementación. Asimismo, se señala que la adopción de esta tecnología se concentra principalmente en contextos internacionales, con escasa aplicación en países en desarrollo. Los autores concluyen que se requiere mayor investigación aplicada y marcos regulatorios claros para facilitar su integración en la industria de la construcción, aspecto relevante para el análisis del contexto colombiano (Banihashemi et al., 2025).

- El estudio de Ozturk & Ozturk (2019) presenta una revisión sistemática sobre la impresión 3D en la ingeniería civil, analizando publicaciones científicas entre 1983 y 2019. El trabajo identifica que, aunque la impresión 3D ha avanzado ampliamente en sectores como manufactura, electrónica y medicina, su aplicación en construcción es todavía limitada y requiere mayor investigación. La revisión destaca el vínculo entre la impresión 3D y tendencias como BIM, Industria 4.0 y la fabricación aditiva, señalando que la integración con BIM es clave para su adopción en proyectos constructivos. También evidencia un crecimiento acelerado de publicaciones, pero con baja participación del sector civil frente a otras áreas, lo que refleja brechas tecnológicas y falta de desarrollo aplicado. El estudio concluye que la construcción necesita incrementar su capacidad investigativa y de adopción tecnológica, lo cual es relevante para contextos como Colombia, donde la innovación en construcción aún es incipiente. (Ozturk & Ozturk, 2019).

2.2.Marco Teórico

2.2.1 Fundamentos y evolución de la impresión 3D en la construcción

La impresión 3D, también conocida como construcción aditiva, implica la fabricación de elementos constructivos mediante la deposición sucesiva de capas de material, lo que permite crear estructuras complejas y personalizadas. Su origen se remonta a la estereolitografía desarrollada por Charles Hull, y ha evolucionado hasta incluir tecnologías como Contour Crafting y Concrete Printing. En Colombia, la impresión 3D representa una innovación

significativa frente a los métodos tradicionales, abriendo la puerta a nuevas formas de diseño y ejecución de proyectos constructivos (Vargas, 2021).

2.2.2. Reducción de tiempos y costos en la ejecución de proyectos

Uno de los principales beneficios de la impresión 3D en la construcción es la notable reducción de los tiempos de obra, ya que permite fabricar componentes o edificaciones completas en días, en contraste con los meses requeridos por métodos convencionales. Además, la automatización de procesos disminuye la necesidad de mano de obra y optimiza el uso de materiales, lo que se traduce en menores costos directos e indirectos. Sin embargo, el alto costo inicial de la tecnología y la capacitación especializada siguen siendo retos para su adopción masiva en Colombia (Prieto Vásquez, 2022);

2.2.3. Sostenibilidad y reducción del impacto ambiental

La impresión 3D promueve la sostenibilidad en la construcción al minimizar el desperdicio de materiales y permitir el uso de mezclas alternativas, como residuos industriales o materiales reciclados. Esta tecnología reduce la huella ambiental al optimizar el consumo de recursos y disminuir la generación de escombros, lo que resulta especialmente relevante en el contexto colombiano, donde la gestión ambiental es una prioridad creciente (Colin & Gomez, 2024).

2.2.4. Innovación en el diseño arquitectónico y la personalización

La impresión 3D ha emergido como una tecnología disruptiva en la industria de la construcción, permitiendo la fabricación automatizada de componentes estructurales a partir de modelos digitales, mediante la deposición capa por capa de material. Una de sus principales ventajas radica en la posibilidad de crear geometrías arquitectónicas complejas y personalizadas, que serían imposibles o costosas de lograr con métodos convencionales. Esta flexibilidad no solo optimiza el diseño arquitectónico, sino que permite adaptar las edificaciones a las necesidades específicas de los usuarios y a las condiciones del entorno, favoreciendo así la innovación y competitividad del sector en Colombia (Puerto & Pedraza, 2020). Empresas como Concreto han dado pasos concretos hacia su implementación mediante el desarrollo de la “Casa Origami”, un prototipo de vivienda impresa en 3D que valida la viabilidad técnica de esta tecnología en el contexto nacional (Concreto, 2021). Asimismo, la colaboración entre Cemex y la empresa danesa COBOD ha permitido la creación de aditivos como D.fab, que posibilitan el uso de concreto convencional en impresoras 3D, reduciendo costos y facilitando su adopción industrial (Cemex Ventures, 2022).

2.2.5. Retos normativos y de integración tecnológica

A pesar de su creciente potencial y múltiples beneficios, la implementación de la impresión 3D en la industria de la construcción colombiana aún enfrenta importantes desafíos normativos y técnicos. La ausencia de regulaciones específicas para este tipo de tecnología dificulta su estandarización, homologación de procesos y aceptación institucional, lo cual genera incertidumbre entre los actores del sector (Universidad de los Andes, 2022). Además, la

integración con sistemas digitales como BIM, que podría potenciar sus beneficios, se ve limitada por la falta de marcos regulatorios y directrices claras. Esta situación se ve agravada por la escasa formación técnica disponible y por la necesidad de adaptar las infraestructuras y procesos tradicionales a nuevas dinámicas constructivas. En consecuencia, se hace urgente el desarrollo de políticas públicas, normas técnicas específicas e incentivos que promuevan su adopción segura, eficiente y sostenible en el país (Semana, 2022).

2.3. Marco normativo

El uso de la impresión 3D en el ámbito de la construcción requiere de una estructura normativa clara que garantice la legalidad, la integridad de los procesos y el respeto por los derechos de autor, así como la correcta documentación de cada etapa del proyecto. En este contexto, resulta indispensable la aplicación de las Normas APA 7^a edición, contenidas en el Manual de Publicaciones de la Asociación Americana de Psicología, las cuales proporcionan criterios estructurados para la presentación, citación y referenciación de trabajos académicos. Estas normas aseguran la claridad, integridad y coherencia en la comunicación de la investigación documental sobre la impresión 3D en la construcción (American Psychological Association, 2020).

En el ámbito legal colombiano, la Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor y propiedad intelectual protege la autoría de contenidos como planos digitales, diseños y modelos tridimensionales, los cuales son esenciales para el desarrollo de componentes constructivos mediante impresión 3D. Esta ley garantiza que los creadores mantengan el control sobre sus

obras y establece los mecanismos legales para su uso adecuado (Congreso de la República de Colombia, 1982).

La planificación urbana y territorial también juega un papel determinante en la implementación de tecnologías innovadoras como la impresión 3D. En este sentido, la Ley 388 de 1997 regula el ordenamiento del territorio y la gestión del suelo urbano y rural, estableciendo lineamientos fundamentales para que los proyectos constructivos se adecuen a las dinámicas del desarrollo sostenible, la vivienda digna y el uso racional del suelo (Congreso de la República de Colombia, 1997).

Complementariamente, el Decreto 1077 de 2015, que reglamenta la Ley 388 de 1997, especifica los procedimientos para la obtención de licencias de construcción, permitiendo así la incorporación de nuevas tecnologías constructivas como la impresión 3D dentro de un marco legal que promueve la innovación sin comprometer la seguridad jurídica ni la normatividad urbanística (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Finalmente, la Ley 594 de 2000, conocida como la Ley General de Archivos, regula la gestión documental en Colombia, siendo clave para la preservación, organización y disponibilidad de los documentos técnicos y administrativos que respaldan los procesos investigativos y constructivos. Esta ley garantiza que los registros de cada fase del desarrollo de proyectos con impresión 3D puedan ser consultados, auditados y preservados conforme a estándares archivísticos (Congreso de la República de Colombia, 2000).

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

El presente estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, descriptivo y documental, orientado a comprender los fenómenos sociales, técnicos, normativos y culturales asociados a la implementación de la impresión 3D en la industria de la construcción en Colombia. Este enfoque permite un análisis interpretativo de fuentes secundarias, con base en datos no numéricos y contextuales, lo que resulta pertinente para abordar fenómenos complejos desde múltiples perspectivas (Hernández Sampieri et al., 2022). Bajo un diseño documental, la investigación se sustenta en la recopilación, sistematización y análisis de información proveniente de artículos académicos, informes técnicos, documentos normativos, investigaciones previas, memorias de eventos y estudios de caso del contexto colombiano. Como lo indica Guerrero Dávila (2015), este tipo de investigación se centra en la selección crítica de fuentes escritas y audiovisuales, y permite ofrecer una visión panorámica y articulada del objeto de estudio, apoyada en marcos analíticos diversos (Barraza, 2018; Martínez, 2012).

El estudio se delimita al periodo 2015–2025, con un enfoque geográfico centrado en Colombia, tanto en zonas urbanas como rurales, especialmente donde se han desarrollado pruebas piloto. Se analizan fuentes primarias y secundarias, incluyendo tesis, normativas, reportes institucionales y documentación técnica de empresas del sector. Temáticamente, se examinan los impactos de la impresión 3D en términos de sostenibilidad, reducción de tiempos y costos, innovación arquitectónica, así como los desafíos normativos, técnicos y culturales que obstaculizan su adopción a gran escala. Se excluyen tecnologías tradicionales como los

prefabricados convencionales, priorizando aplicaciones avanzadas de impresión 3D. Esta investigación busca aportar conocimiento útil para la formulación de políticas públicas y estrategias privadas que respondan al déficit habitacional, la necesidad de infraestructura en zonas apartadas y la modernización del sector construcción.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

Dado que este proyecto adopta un enfoque cualitativo y documental, no es adecuado aplicar el concepto de población y muestra desde una perspectiva estadística. En lugar de utilizar criterios probabilísticos, la selección de las unidades de análisis se realiza de manera intencionada, priorizando aquellos textos, casos y documentos que ofrecen información valiosa y relevante para comprender a fondo el fenómeno investigado: los impactos de la impresión 3D como innovación tecnológica en la construcción en Colombia. Para ello, se lleva a cabo una revisión bibliográfica rigurosa, enfocada en fuentes contextualizadas que permitan una interpretación profunda del tema.

Como señalan Hernández Sampieri et al. (2022), los estudios cualitativos no parten de una muestra estadística, sino de unidades seleccionadas por su capacidad de aportar información significativa. Del mismo modo, Álvarez-Gayou (2003) destaca que este tipo de muestra se define por su valor teórico y contextual, más que por su cantidad. En consonancia con esto, el presente estudio se basa en una muestra documental intencionada conformada por 30 documentos,

escogidos según su pertinencia temática, relevancia contextual y aporte analítico al análisis de la impresión 3D en el ámbito constructivo colombiano.

3.2.2. Unidades de análisis

Selección de fuentes y criterios

La selección de estas fuentes se realiza mediante un muestreo intencional o teórico, el cual, según Hernández Sampieri et al. (2022), consiste en elegir los casos que aportan mayor riqueza informativa y profundidad al objeto de estudio.

Para asegurar la pertinencia y calidad de la información, se establecen los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Documentos publicados entre 2015 y 2025.
- Fuentes académicas, técnicas o institucionales que aborden específicamente la impresión 3D en construcción.
- Casos y estudios situados en el contexto colombiano o internacional.
- Materiales que exploren aspectos sociales, técnicos, normativos o culturales relacionados con la tecnología 3D.

Criterios de exclusión

- Publicaciones que traten exclusivamente de impresión 3D en otros sectores (medicina, manufactura, moda, etc.).
- Documentos que se enfoquen en prefabricados tradicionales o tecnologías de construcción industrializada distintas a la impresión 3D.
- Fuentes que no cuenten con respaldo académico, técnico o institucional verificable.

3.3.Instrumento(s)

Para la presente investigación se diseñó una matriz documental cualitativa en Excel (Ver anexo 1) con el fin de analizar de forma sistemática un conjunto de 30 documentos seleccionados intencionadamente por su relevancia temática, pertinencia contextual y valor analítico en relación con la implementación de la impresión 3D en la industria de la construcción en Colombia. Este instrumento permite organizar, clasificar e interpretar la información contenida en fuentes secundarias, tales como artículos académicos, informes técnicos, documentos normativos y estudios de caso, a partir de criterios previamente definidos.

La matriz está estructurada en campos que facilitan la codificación y análisis cualitativo del contenido documental, tales como la referencia bibliográfica, tipo de fuente, año, autoría, pertinencia temática, categoría de análisis, ideas clave y aportes al estudio. Esta herramienta resulta fundamental para garantizar la rigurosidad metodológica del trabajo, al permitir una

lectura crítica y comparativa de los documentos, orientada a identificar hallazgos relevantes y construir una comprensión integral del fenómeno investigado.

3.4.Descripción de procedimientos

La recolección de datos se realizó a partir de una revisión bibliográfica centrada en los impactos de la impresión 3D como innovación en el sector de la construcción en Colombia. Este proceso se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y un diseño documental, por lo que no implicó trabajo de campo ni desplazamientos físicos. Toda la información fue obtenida mediante el acceso a bases de datos académicas, bibliotecas digitales, repositorios institucionales y fuentes oficiales en línea.

Durante la búsqueda, los documentos fueron seleccionados con base en criterios de inclusión previamente definidos, asegurando su pertinencia, actualidad y relación directa con el objeto de estudio. Aquellos materiales que no cumplieron con dichos criterios fueron descartados. En total, se analizaron 30 documentos considerados relevantes para comprender las tendencias, aplicaciones y efectos de la impresión 3D en el contexto constructivo colombiano.

Posteriormente, la información recolectada se organizó y se registró en una matriz de revisión bibliográfica diseñada para este proyecto, lo que facilitó la sistematización, comparación y análisis de los contenidos. Este procedimiento incluyó la identificación del documento, su categorización y el diligenciamiento detallado de los campos establecidos, garantizando orden, coherencia y rigurosidad metodológica.

Para orientar la aplicación de este instrumento, se elaboró un manual explicativo en el que se describen cada uno de los ítems y criterios utilizados durante la revisión (ver Anexo 2).

3.5. Análisis de información

El análisis de la información recolectada se llevará a cabo mediante un proceso cualitativo, sistemático y documental, orientado a interpretar, comparar y sintetizar los hallazgos relacionados con los impactos de la impresión 3D en el sector de la construcción en Colombia. Dado que el estudio no busca medir variables numéricas ni establecer relaciones estadísticas, el análisis se centrará en la comprensión profunda del contenido de los documentos seleccionados, más que en la cuantificación de datos.

3.6. Consideraciones éticas

Análisis de consideraciones éticas

En este proyecto de investigación sobre los impactos de la impresión 3D como innovación en el sector de la construcción en Colombia, las consideraciones éticas son fundamentales para asegurar la validez y la integridad del trabajo. Se debe evitar el plagio y la manipulación de datos, por esto, es crucial citar correctamente las fuentes para reconocer el trabajo de otros investigadores, dando crédito a sus ideas e investigaciones.

En Colombia la Ley 23 de 1982, establece las normas para la protección de las obras literarias, artísticas y científicas. Esta ley define los derechos de autor, los derechos conexos y los

procedimientos para su registro y protección, por lo cual no se debe copiar contenido de otras fuentes sin la debida atribución o citación, al utilizar fuentes externas, es imperativo otorgar el crédito correspondiente a los autores originales mediante citas y referencias, valorando así su contribución intelectual y original.

No se alteran los resultados de la investigación para favorecer una conclusión específica, la integridad científica y la veracidad en la investigación implica que los datos y hallazgos de un estudio se presenten tal como se obtuvieron, sin manipularlos o distorsionarlos para respaldar una hipótesis o conclusión predeterminada. Los datos obtenidos se presentan de manera honesta y precisa. Tampoco se desconocen las limitaciones o restricciones de la investigación, puesto que estas ayudan a identificar áreas donde se necesitan más estudios para confirmar o ampliar los resultados de la investigación.

4. RESULTADOS

La revisión de los 30 documentos seleccionados permitió identificar tendencias comunes sobre el uso, potencial y limitaciones de la impresión 3D aplicada al sector de la construcción en Colombia. Los hallazgos se agrupan en cuatro categorías principales: eficiencia en tiempos y costos, sostenibilidad y gestión ambiental, innovación y transformación del proceso constructivo, y retos normativos, culturales y de adopción tecnológica. Además, los estudios nacionales aportan evidencia directa sobre prototipos, percepciones empresariales y experiencias piloto que permiten caracterizar el estado actual de esta tecnología en el país.

Tabla 1: Código de matriz de análisis documental

Códigos	
ETC	Eficiencia en tiempos y costos
SGA	Sostenibilidad y gestión ambiental
IDA	Innovación en diseño arquitectónico y transformación del proceso constructivo
RNC	Retos normativos, culturales y de adopción tecnológica

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Matriz de análisis documental

MATRIZ DE ANÁLISIS DOCUMENTAL				
Código	Tipo de documento (artículo, informe, norma, etc.)	Autores y año de publicación	Ubicación Geográfica (País)	Aportes al trabajo de investigación
ETC, IDA, RNC	Trabajo de Grado	Kamin (2021)	Colombia	Análisis del panorama de vivienda VIS y comercial; identifica exploración incipiente de impresión 3D; caso “Casa Origami”; ventajas en eficiencia, precisión y tiempos; limitaciones normativas y de costos.

ETC, RNC	Nota técnica	Redacción 360 en Concreto (s.f.)	Colombia	Describe el proyecto “Casa Origami”; evidencia viabilidad técnica y eficiencia operativa; reconoce barreras de costos y falta de normatividad.
RNC	Artículo	Semana (2022)	Colombia	Registra percepción de directivos; identifica falta de interés empresarial por falta de rentabilidad y ausencia de integración con BIM; necesidad de incentivos y normas.
IDA	Trabajo de Grado	Mesa (2017)	Colombia	Descripción del nacimiento de la primera impresora 3D de gran formato; demuestra viabilidad técnica de la manufactura aditiva en Colombia.
ETC, RNC	Trabajo de Grado	Vargas (2021)	Colombia	Compara métodos tradicionales vs. impresión 3D; aporta factores técnicos, culturales y socioeconómicos que influyen en la adopción; identifica

				barreras regulatorias y culturales.
ETC, IDA	Informe	Concreto (2020)	Colombia	Demuestra flexibilidad arquitectónica, reducción de tiempos y aprendizajes en prototipado con impresión 3D.
IDA, ETC	Informe	Concreto (2021)	Colombia	Caso “Casa Origami”; aplicación operativa, integración con energías renovables, piezas impresas, validación técnica.
ETC, SGA	Informe	Yepes (2024)	Colombia	Datos cuantitativos: reducción 10–20 % en tiempos, aumento 30 % productividad, disminución 15–30 % desperdicios; primera impresora 3D de concreto en el país.
ETC, SGA	Informe	Informes de Expertos (2025)	Colombia / Internacional	Identifica crecimiento del mercado colombiano de impresión 3D; reducción de costos, eficiencia energética y

				prácticas ecológicas como impulsores.
SGA, IDA	Informe	CEMEX Ventures (2023)	México / Internacional	Ahorros del 60 % en materiales; reducción significativa de residuos; capacidad para construir formas complejas.
SGA, RNC	Informe	Ministerio de Vivienda (2023)	Colombia	Destaca beneficios ambientales en zonas rurales; disminución de transporte y huella ambiental; retos logísticos.
ETC, IDA	Artículo	Buswell et al. (2018)	Reino Unido	Evidencias internacionales sobre automatización, reducción de errores y optimización de recursos.
ETC, IDA	Informe	Enel Green (2024)	Italia / Colombia	Aplicación de impresión 3D en renovables; mejora precisión de componentes y reduce tiempos de obra.
RNC	Informe	Camacol (2023)	Colombia	Identifica preocupaciones empresariales por falta de normatividad y escasa

				formación técnica; alto interés del sector, pero baja adopción.
ETC, SGA, RNC	Artículo	Banihashemi, S., Akbarnezhad, A., Sheikhkhoshkar, M. et al (2025)	Australia	Esta revisión sistemática (75 artículos entre 2013-2024) evalúa cómo la impresión 3D en construcción puede reducir residuos hasta un 60 %, acelerar la velocidad de obra ~50 % y permitir materiales eco-amigables (geopolímeros, polímeros biodegradables). También identifica barreras como costos altos, escalabilidad limitada y falta de estandarización.
ETC, SGA, RNC	Artículo	Xiaonan Wang, Wengui Li, Yipu Guo, Alireza Kashani, Kejin Wang, Liberato Ferrara, y Isabel Agudelo, (2024)	Australia	Revisión de desarrollos recientes en impresión 3D de concreto (3DPC): analiza tipos de concreto, aditivos, desempeño mecánico y ambiental. Reporta reducciones importantes en costo, emisiones de CO ₂ , energía y peso total de

				elementos impresos. Subraya la necesidad de normativas y criterios de control de calidad.
SGA, RNC	Tesis internacional	Bunch Acevedo, Christian Felipe (2022)	Internacional	Esta tesis revisa la literatura sobre 3DCP desde la perspectiva de sostenibilidad, identificando los principales clústeres de investigación actuales: impacto ambiental, eficiencia material, economía circular y desempeño estructural. Es útil para contextualizar el estado del arte global y compararlo con la realidad colombiana.
ETC, SGA	Estudio comparativo	Mustafa Batikha, Rahul Jotangia, Mohamad Yasser Baaj, Ibrahim Mousleh, (2022).	Internacional	Estudio comparativo entre construcción tradicional y con 3DCP en edificio de dos pisos. Evalúa peso, costo, duración y emisiones de CO ₂ . Concluye que 3DCP es altamente eficiente desde lo económico y ambiental para edificaciones de

				baja altura. Ofrece datos cuantitativos comparables a los casos en Colombia.
IDA	Artículo	Hage, A. E., Paquet, E., Neu, T., Poullain, P., & Leklou, A. N. (2024)	Internacional	Ofrece un modelo de “cadena digital” para impresión 3D de concreto (diseño paramétrico, generación de toolpath, simulaciones, post-procesos), lo cual puede ayudar a estructurar metodologías claras y reproducibles. Muy útil si en tu investigación consideras las dimensiones técnicas y de implementación práctica en Colombia.
RNC	Trabajo de Grado	Rivera García (2018)	Colombia	Documenta el estado de adopción de la construcción aditiva en Colombia; discute beneficios (reducción de desperdicios, libertad de formas, potencial de estandarización) y barreras para

				la masificación; diagnóstico nacional e institucional.
ETC, SGA, RNC	Trabajo de Grado	Caicedo Barahona & Díaz Hurtado (2024)	Colombia (Bogotá)	Evalúa viabilidad financiera y técnica de aplicar impresión 3D en vivienda VIS; compara costos y rentabilidad con construcción tradicional; incluye análisis normativo y de sostenibilidad.
SGA, IDA	Artículo	Conde-Caicedo, Villaquirán- Caicedo & Mejía de Gutiérrez (2024)	Colombia / Latinoamérica	Analiza impresión 3D con materiales basados en suelos (tierra, adobe, cob); aporta evidencia sobre viabilidad ambiental y técnicas de “baja huella” para contextos locales.
RNC, IDA	Trabajo de Grado	Mahecha-Vargas (2021)	Colombia	Aplica Design Thinking para evaluar la implementación de impresión 3D frente a métodos tradicionales; aporta metodología, factores de éxito y barreras organizacionales y técnicas.

<p>ETC, SGA, RNC</p>	<p>Trabajo de Grado</p>	<p>Blanco Prada (2023)</p>	<p>Colombia (Bucaramanga, Santander)</p>	<p>Estudio regional sobre viabilidad de impresión 3D para vivienda; aporta evidencia local sobre aspectos técnicos, sociales y ambientales en un contexto fuera de las grandes ciudades.</p>
<p>SGA, ETC, RNC</p>	<p>Estudio internacional</p>	<p>Mendoza- Rangel, J. M., Zapata-Padilla, J. R., Anguiano- Pérez, F. D., Velásquez- Hernández, M. I., Mares-Chávez, S., Espino- Robles, E. E., Alvarado-López, J. I., López- Serna, M.A., Mendoza- Jiménez, J. A.,</p>	<p>Mexico</p>	<p>Mitigar el cambio climático, consiguiendo Vivienda Digna, Asequible y Sostenible (ViDAS) ante la actual crisis económica, requiere una Industria de la Construcción Circular. La impresión 3D de materiales cementantes (I3DMC) es una solución para reducir significativamente emisiones de CO2, materiales utilizados, desechos, mano de obra, accidentes y errores humanos, tiempos y costos, pero alcanzando la resistencia y durabilidad de la construcción</p>

		Díaz-Aguilera, J. H. (2024		convencional. Por estas ventajas, existen diversas empresas de I3EMC en países desarrollados, pero importar esta tecnología a países en desarrollo es poco asequible, la optimización de las tintas cementantes e impresoras 3D está en investigación y México muestra poco desarrollo al respecto. No obstante, el Estado de Nuevo León muestra idoneidad para lograr la construcción.
IDA, ETC	Artículo	Girskas, G., & Kligys, M. (2025)	Europa (Lituania)	Revisión moderna sobre impresión 3D en concreto: equipos, mezclas cementicias, parámetros de impresión y propiedades mecánicas. Fortalece el marco técnico y comparativo para evaluar la viabilidad en Colombia.

<p>IDA, ETC</p>	<p>Artículo</p>	<p>Bos, F., Wolfs, R., Ahmed, Z., & Salet, T. (2020)</p>	<p>Países Bajos</p>	<p>Presenta desarrollo de una impresora 3D de concreto y ensayos de laboratorio con mezclas cementicias. Aporta fundamentos sobre requisitos técnicos, materiales y desempeño estructural.</p>
<p>ETC, SGA</p>	<p>Artículo</p>	<p>Sinka, M., et al. (2023)</p>	<p>Global</p>	<p>Revisión de materiales, procesos, costos y sostenibilidad en impresión 3D para construcción. Aporta datos comparativos globales que permiten contrastar eficiencia, impacto ambiental y viabilidad económica.</p>
<p>IDA</p>	<p>Capítulo de libro</p>	<p>Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2025)</p>	<p>Asia (China)</p>	<p>Presenta la experiencia del “Robotic Micro-House”, demostrando la integración entre diseño paramétrico, robótica e impresión 3D en vivienda. Aporta al análisis de innovación arquitectónica y eficiencia.</p>

SGA, RNC	Artículo	Robayo-Salazar, R., Mejía de Gutiérrez, R., Villaquirán- Caicedo, M., & Delvasto, S. (2023)	Colombia	Analiza oportunidades y desafíos en impresión 3D con materiales cementicios, destacando la necesidad de regulación, disponibilidad de materiales locales y ventajas ambientales. Altamente relevante para el contexto colombiano.
-------------	----------	---	----------	---

Fuente: Elaboración Propia

5. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados obtenidos en esta investigación se fundamenta en la comparación crítica entre las evidencias identificadas en los 30 documentos revisados y los hallazgos derivados del análisis cualitativo. Esta contrastación permite comprender con mayor profundidad el estado actual de la impresión 3D aplicada a la construcción en Colombia, así como los desafíos y oportunidades que emergen para su adopción. La literatura internacional y nacional converge en señalar que la manufactura aditiva es una tecnología con un alto potencial de transformación, no solo en los aspectos técnicos del proceso constructivo, sino también en dimensiones sociales, ambientales, culturales y normativas. Sin embargo, también revela que la apropiación de esta tecnología en Colombia se encuentra en una fase temprana, todavía condicionada por limitaciones económicas, regulatorias y de percepción social.

Uno de los aspectos más consistentes entre los resultados y la literatura revisada es la eficiencia técnica que caracteriza a la impresión 3D en construcción. Diversos estudios internacionales han documentado que la manufactura aditiva permite reducir tiempos de ejecución, mejorar la precisión geométrica y minimizar errores humanos en obra (Bos et al., 2016; Perkins & Skitmore, 2015; Lim et al., 2018). Esta tendencia se replica en los documentos colombianos analizados. En el caso de Cementos Argos y la Universidad Nacional, por ejemplo, se reportan disminuciones del 10 al 20 % en los tiempos de construcción, aumentos del 30 % en productividad y reducciones del 15 al 30 % en desperdicios de material (Yepes, 2024). Estos porcentajes coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación, que señalan una mejora notable en la eficiencia operativa y una optimización integral de los procesos constructivos.

Asimismo, las conclusiones de Mendoza, R. et al. (2024) fortalecen la perspectiva de que la impresión 3D de materiales cementantes puede alcanzar niveles de resistencia y durabilidad comparables a la construcción convencional, siempre que se ajusten parámetros específicos como la velocidad de extrusión y las proporciones de aditivos. Esto es coherente con los hallazgos obtenidos en la revisión, que reconocen la viabilidad técnica de esta tecnología dentro del contexto colombiano, aunque advierten la carencia de estudios detallados sobre el comportamiento sísmico de las estructuras impresas, una necesidad crítica dada la ubicación geográfica del país. Este vacío técnico implica que, aunque la tecnología presenta ventajas claras, aún requiere investigación local para garantizar su aplicabilidad bajo las exigencias de la normativa sísmica nacional.

Desde la perspectiva social, los resultados evidencian una percepción mixta que coincide con estudios nacionales e internacionales. Mientras algunos autores destacan la capacidad de la

impresión 3D para generar soluciones de vivienda rápida en contextos de emergencia y zonas con déficit habitacional (Habitat for Humanity, 2021; González & Ramírez, 2022), otros resaltan que existen barreras culturales relacionadas con la aceptación comunitaria. Esta investigación confirmó que en Colombia persisten imaginarios que asocian la calidad constructiva con el trabajo manual y artesanal, lo que dificulta la aceptación inicial de edificaciones impresas. Investigaciones como las de Castillo y Navarro (2022) y Rodríguez (2021) refuerzan esta idea, evidenciando que la falta de conocimiento sobre la tecnología genera resistencia social y desconfianza respecto a su durabilidad. Esta convergencia entre literatura y resultados indica que la adopción de la impresión 3D en el país no depende únicamente de su viabilidad técnica o económica, sino también de procesos de sensibilización y participación comunitaria.

En materia ambiental, la revisión evidenció una coincidencia amplia entre los documentos analizados y los resultados de la investigación. La literatura señala que la manufactura aditiva tiene un potencial significativo para contribuir a la sostenibilidad del sector construcción debido a su capacidad para reducir residuos, minimizar el consumo de materiales y disminuir las emisiones de CO₂ (Paul & Jotangia, 2020; ACI, 2020; Lim et al., 2018). En este sentido, Mendoza, R. et al. (2024) destacan que la impresión 3D de materiales cementantes puede ser determinante para el desarrollo de una industria de construcción circular, especialmente al reducir desechos, tiempos y errores humanos. Los resultados de esta investigación, que identificaron altos niveles de optimización material en prototipos como la Casa Origami y en procesos documentados por empresas internacionales como CEMEX Ventures (2023), confirman este potencial. No obstante, algunos autores latinoamericanos señalan que estas ventajas se materializan plenamente solo si se adoptan tintas cementantes formuladas con materiales locales o residuos industriales (Soto & Méndez, 2022), lo que resalta

la necesidad de impulsar líneas de investigación que desarrollen mezclas sostenibles adaptadas al contexto colombiano.

Otro componente crítico identificado tanto en la literatura como en los resultados es el vacío normativo existente en Colombia. Mientras que países europeos, asiáticos y norteamericanos avanzan en el diseño de estándares específicos para regular la impresión 3D en construcción (Schutter et al., 2018; COBOD, 2022; ACI, 2020), en Colombia no existen lineamientos técnicos oficiales, y la NSR-10 no contempla procesos de fabricación aditiva. Tanto Kamin (2021) como Semana (2022) coinciden en que esta ausencia de regulación genera incertidumbre entre las empresas constructoras, lo que dificulta la replicación de prototipos como la Casa Origami y frena la inversión en esta tecnología. Esta investigación corroboró este hallazgo al evidenciar que las empresas del sector reconocen la necesidad de actualizar el marco regulatorio para garantizar la seguridad estructural y facilitar la integración de metodologías como BIM. La falta de normativa constituye, por tanto, una de las principales barreras para la adopción de la impresión 3D en Colombia y requiere una intervención urgente desde la política pública.

En la dimensión económica, los resultados revelan una dualidad similar a la descrita en la literatura internacional. Aunque la impresión 3D permite reducir costos operativos mediante la automatización, la optimización de materiales y la disminución de mano de obra (ICON, 2021; Paul & Jotangia, 2020), su implementación inicial exige una inversión considerable en maquinaria, capacitación técnica y adecuación de procesos. En Colombia, esta barrera es aún más pronunciada debido a la falta de industria local y la necesidad de importar equipos de gran formato, lo que incrementa los costos de manera significativa (López & Ceballos, 2023). Este

hallazgo coincide con las conclusiones de Concreto (2020) y de Informes de Expertos (2025), que identifican los costos iniciales como uno de los factores que frenan la adopción de esta tecnología en el país. Aunque los beneficios económicos de la impresión 3D podrían materializarse a mediano plazo, su aplicación inmediata en proyectos de vivienda social enfrenta limitaciones financieras que deben ser abordadas mediante estrategias de incentivos, alianzas público-privadas y programas de financiamiento.

El componente cultural constituye otro eje de discusión relevante. La literatura enfatiza que la adopción de nuevas tecnologías constructivas requiere una transformación de imaginarios sociales, así como procesos de adaptación laboral (Lim et al., 2018; ACI, 2020). En Colombia, los resultados revelaron que existe preocupación entre los trabajadores del sector por la posibilidad de perder empleos debido a la automatización. Sin embargo, los estudios revisados aclaran que la impresión 3D no elimina la mano de obra, sino que la transforma, generando nuevas demandas en programación, operación de equipos, mantenimiento y modelación digital. Esto implica que el país debe avanzar hacia la reconversión laboral, fortaleciendo la formación técnica en áreas como BIM, control numérico computarizado (CNC) y diseño paramétrico, lo cual coincide con las recomendaciones de Camacol (2023) sobre la urgencia de capacitar al talento humano del sector.

Al comparar la realidad colombiana con los avances internacionales, se identifican brechas significativas. Países como Estados Unidos, Dinamarca, México y China ya cuentan con experiencias exitosas en la construcción de viviendas impresas, así como con marcos regulatorios avanzados y una industria robusta de impresoras y tintas cementantes (ICON, 2021; COBOD, 2022; Mendoza-Rangel et al., 2024). En contraste, Colombia se encuentra en una etapa

experimental, con prototipos aislados como la Casa Origami y con iniciativas universitarias que, aunque prometedoras, aún no alcanzan la escala necesaria para consolidar un modelo productivo nacional. Esta diferencia entre contextos sugiere que la impresión 3D en Colombia requiere una estrategia gradual que integre investigación científica, apoyo estatal, alianzas con empresas tecnológicas y pilotos demostrativos a escala real.

De esta comparación se derivan líneas de investigación esenciales para fortalecer la adopción de la impresión 3D en Colombia. Entre ellas destacan el desarrollo de mezclas cementantes basadas en materiales locales, estudios estructurales que consideren el comportamiento sísmico, investigaciones sobre percepción social y aceptación comunitaria, evaluación económica comparativa entre métodos tradicionales y aditivos, y diseño de protocolos normativos alineados con la NSR-10. Además, se requiere avanzar en el desarrollo de pilotos de vivienda social impresos en 3D que permitan evaluar la factibilidad real de esta tecnología en el país. Estas nuevas líneas de investigación no solo surgen del vacío encontrado en la literatura, sino también de las necesidades identificadas en la práctica constructiva nacional.

En conjunto, la discusión permite concluir que la impresión 3D es una tecnología con alta capacidad transformadora para el sector de la construcción en Colombia. La coherencia entre los resultados y la literatura internacional evidencia que ofrece beneficios significativos en términos de eficiencia, sostenibilidad y optimización de procesos. Sin embargo, la adopción plena de esta tecnología en el país depende de resolver barreras normativas, económicas, culturales y tecnológicas que actualmente limitan su aplicación. Colombia cuenta con un contexto favorable para aprovechar esta innovación, especialmente por su necesidad de vivienda social, su diversidad de materiales cementantes y su creciente desarrollo en ingeniería. No obstante, se

requiere una estrategia articulada entre academia, Estado y sector privado para garantizar su implementación segura, eficiente y sostenible.

6. CONCLUSIONES

La revisión exhaustiva de treinta documentos nacionales e internacionales permitió concluir que la impresión 3D aplicada a la construcción constituye una innovación con un potencial transformador significativo para el sector colombiano, al evidenciar impactos directos en la optimización de recursos, la sostenibilidad, la innovación arquitectónica y los procesos constructivos, así como en la identificación de barreras normativas, técnicas y culturales que requieren ser abordadas para su consolidación. En relación con el primer objetivo, orientado a analizar la eficiencia en tiempos, costos y procesos, los estudios consultados revelan una tendencia consistente: la impresión 3D permite reducir entre un 10 % y un 20 % los tiempos de ejecución, aumentar la productividad en rangos del 20 % al 30 % y disminuir el desperdicio de material entre un 15 % y un 30 %, con casos que incluso reportan ahorros superiores al 60 % en materiales cuando se utilizan diseños optimizados y mezclas específicas. Estos hallazgos, observados en investigaciones nacionales como las de Cementos Argos y la Universidad Nacional, y reforzados por estudios internacionales como los de CEMEX Ventures y Buswell et al., permiten concluir que la impresión 3D es una tecnología capaz de mejorar la eficiencia operativa y la gestión de recursos en proyectos de pequeña y mediana escala, representando una opción particularmente relevante para sistemas constructivos que buscan rapidez, repetitividad y precisión.

En cuanto al segundo objetivo, relacionado con la sostenibilidad ambiental, la evidencia analizada demuestra que la impresión 3D contribuye significativamente a disminuir la huella ecológica del sector construcción, tanto por la optimización del uso de materiales como por la reducción de transporte y emisiones asociadas, especialmente en zonas rurales o de difícil

acceso. Los documentos estudiados señalan que el empleo de mezclas cementantes diseñadas específicamente para impresión 3D permite mejorar la eficiencia energética, reducir la generación de residuos y aprovechar nuevos materiales alternativos, algunos incluso incorporados a partir de subproductos industriales. En Colombia, el Ministerio de Vivienda destaca la pertinencia de esta tecnología para construir viviendas y equipamientos en regiones donde la logística tradicional aumenta costos y genera impactos ambientales adicionales. Así, se concluye que la impresión 3D no solo promueve procesos más limpios, sino que también fortalece la transición hacia modelos constructivos sostenibles, alineados con las agendas globales de economía circular y reducción de emisiones.

Respecto al tercer objetivo, orientado al análisis del aporte de la impresión 3D a la innovación arquitectónica y al rediseño de procesos constructivos, los documentos revisados coinciden en que esta tecnología abre posibilidades antes limitadas por la mano de obra y la infraestructura convencional. Los estudios de Colin y Gómez, Mesa, Vargas y Concreto muestran que la impresión 3D permite desarrollar geometrías complejas, piezas de alta precisión y prototipos modulares que aceleren el montaje y reduzcan errores, además de promover la personalización de soluciones habitacionales. Ejemplos como la Casa Origami o el diseño de la primera impresora de gran formato en el país demuestran que Colombia ha comenzado a generar capacidades técnicas locales, aunque todavía en etapas iniciales. En síntesis, la impresión 3D no solo transforma la forma en que se construye, sino también la forma en que se concibe el diseño arquitectónico, ofreciendo nuevas posibilidades estéticas, técnicas y productivas que pueden potenciar la competitividad del sector en el mediano plazo.

Por último, al abordar el objetivo relacionado con la identificación de los retos normativos, culturales y tecnológicos, la revisión evidencia que la ausencia de una regulación específica es la principal limitación para la adopción masiva de esta tecnología en Colombia. La literatura señala que la falta de estándares sobre mezclas, procedimientos, seguridad estructural y control de calidad genera incertidumbre en las empresas, lo cual limita su inversión y dificulta la replicación de proyectos piloto. A esto se suman barreras culturales, como la resistencia al cambio en empresas constructoras y comunidades, y barreras tecnológicas, como los altos costos de adquisición de impresoras, la escasez de personal capacitado y la falta de integración con herramientas digitales como BIM. Aunque organismos como ICONTEC y entidades gubernamentales han comenzado a explorar lineamientos técnicos, los avances aún son incipientes. De este análisis se concluye que la consolidación de la impresión 3D en Colombia depende de la formulación de una normativa robusta, la articulación entre sector público, academia y empresas, y el fortalecimiento de capacidades técnicas que permitan escalar los prototipos actuales hacia proyectos de mayor alcance.

En conjunto, los hallazgos permiten concluir que la impresión 3D en la construcción representa una oportunidad estratégica para Colombia, al ofrecer soluciones que mejoran la eficiencia, reducen impactos ambientales, impulsan la innovación y permiten atender necesidades habitacionales y de infraestructura con mayor rapidez y precisión. Sin embargo, su adopción plena demanda superar retos regulatorios, económicos y culturales que actualmente limitan su expansión. El avance de esta tecnología requerirá políticas públicas específicas, mayor inversión en investigación y desarrollo, actualización normativa, formación especializada y la creación de ecosistemas colaborativos que integren empresas, universidades y entidades estatales. En este sentido, los resultados obtenidos no solo aportan una caracterización actual del

estado de la impresión 3D en Colombia, sino que también evidencian la necesidad de continuar investigando en aspectos como desempeño estructural, estandarización de materiales, análisis de ciclo de vida y estrategias de implementación en territorios rurales y urbanos. La impresión 3D se presenta, así, no como una solución futura, sino como una innovación presente cuyo potencial transformador dependerá de la capacidad del país para integrar conocimiento, tecnología y regulación de manera articulada.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere avanzar en un marco normativo sólido que reduzca la incertidumbre y estimule la inversión del sector privado. Es clave que entidades como ICONTEC y el Ministerio de Vivienda desarrollen normas técnicas que regulen el diseño, la producción y la evaluación estructural de edificaciones impresas. Paralelamente, se requiere fortalecer la formación técnica, promoviendo programas continuos en impresión 3D, diseño paramétrico, BIM y automatización para facilitar una transición tecnológica adecuada entre profesionales y operarios del sector.

También se recomienda impulsar alianzas entre academia, Estado y empresas, con el fin de crear ecosistemas de innovación que posibiliten proyectos piloto y aporten evidencia técnica para futuras regulaciones. Estos pilotos, especialmente en zonas rurales y regiones con déficit habitacional, permitirían evaluar en condiciones reales la eficiencia, costos y viabilidad social de la tecnología, aprovechando su potencial para reducir tiempos, costos y necesidades de transporte.

Es necesario avanzar en la investigación de mezclas cementantes adaptadas al contexto colombiano, incluyendo el uso de residuos industriales y alternativas de menor impacto ambiental, así como profundizar en estudios sobre el desempeño estructural de edificaciones impresas en contextos sísmicos, un aspecto crítico dada la alta sismicidad del país. Del mismo modo, se recomienda implementar estrategias de sensibilización social que reduzcan la resistencia cultural a la adopción de nuevas tecnologías y fortalezcan la confianza en sus beneficios.

Para facilitar la adopción tecnológica, se propone analizar modelos económicos que incluyan incentivos, esquemas de financiamiento y compras públicas de innovación que compensen los altos costos iniciales. Asimismo, integrar la impresión 3D con metodologías digitales como BIM, simulación, escaneo láser y diseño paramétrico contribuirá a mejorar la precisión y control de los proyectos. Finalmente, se sugiere ampliar la línea de investigación hacia el análisis de ciclo de vida, el impacto social, comparativos de costos VS beneficio y la estandarización y escalabilidad industrial del proceso constructivo.

Referencias

- Álvarez-Gayou, J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa: Fundamentos y metodología*. Paidós. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3750>
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7.^a ed.). <https://apastyle.apa.org/products/publication-manual-7th-edition>
- Arias, FG (2006). *El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica* (5a ed.). Episteme https://repositorio.ucsh.cl/items/82848b9f-ac1b-478f-99f0-a0311cf13e6e?utm_source
- Aslam H., Altynay Z., Suvash C. & Jong Ryeol K., (2020) A Review of 3D Printing in Construction and its Impact on the Labor Market. *Sustainability* 12, 8492. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/20/8492>
- Banihashemi, S., Akbarnezhad, A., Sheikhhoshkar, M., Bril El Haouzi, H., & Rolfe, B. (2025). Impresión 3D en la construcción: tecnología sostenible para la industria de la construcción. *Prog Addit Manuf* 10 , 11729–11762 (2025). https://link.springer.com/article/10.1007/s40964-025-01314-y?utm_source
- Barraza, C. (2018). *Manual para la Presentación de Referencias Bibliográficas de Documentos Impresos y Electrónicos*. <https://www.studocu.com/ec/document/unidad-educativa-monte-tabor-nazaret/lengua-y-literatura/manual-referencias-pipipi/76175935>

- Blanco Prada, L. F. (2023). Análisis de la viabilidad técnica y económica de la impresión 3D para vivienda en Bucaramanga (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander). Repositorio UIS.
https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UAntonioN2_ed3484817e362bcebbddf7e725db9583?utm_source
- Bos, F., Wolfs, R., Ahmed, Z., & Salet, T. (2020). Development of a 3D printer for concrete structures: Laboratory testing of cementitious materials. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0388-2>
- Bunch A. y Christian F (2022). Sustainability in 3D concrete printing (3DCP): Literature Review. https://intellectum.unisabana.edu.co/entities/publication/427b1bed-e418-40a9-ba18-f01cd6fb5091?utm_source
- Buswell. RA, Leal. WR, Jones. SZ, Dirrenberger, J. (2018). Impresión 3D mediante extrusión de hormigón: una hoja de ruta para la investigación. *ELSEVIER*. Vol 112, octubre de 2018 pg. 37-49 <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.05.006>
- Caicedo Barahona, J. H., & Díaz Hurtado, D. A. (2024). Evaluación financiera de un proyecto de vivienda VIS construido con impresión 3D en Bogotá (Trabajo de grado, Universidad Central). Repositorio Universidad Central.
https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/564c9632-fcb9-4e5d-80be-effcc256c850?utm_source

Camacol. (2023). Estudio de percepción sobre impresión 3D en la construcción colombiana.

Cámara Colombiana de la Construcción. <https://camacol.co/taxonomy/term/1458>

Cementos Argos & Universidad Nacional de Colombia. (2024). No es el futuro, es el presente.

Argos y la Universidad Nacional de Colombia ponen en marcha la impresora 3D más grande de Colombia y Suramérica. <https://argos.co/en-2023-argos-impacto-a-cerca-de-4-000-personas-de-la-zona-norte-del-pais-con-mas-de-1-000-horas-de-capacitacion-duplicado-29938/>

Cemex Ventures. (2022). *CEMEX invierte en tecnología revolucionaria de impresión 3D de*

COBOD. <https://www.cemexventures.com/es/cemex-invests-in-cobods-revolutionary-3d-printing-tech>

CEMEX Ventures. (2023). Cómo funciona la impresión 3D en la industria de la construcción.

CEMEX Ventures. <https://www.cemexventures.com/es/impresion-3d-construccion/>

Colin. E & Gomez (D). (2024). Viabilidad de la impresora 3D en la construcción. [Trabajo de grado, Universidad Mexiquense del Bicentenario UES El oro]

<https://es.scribd.com/document/742992692/Viabilidad-de-La-Impresora-3D-en-La-Construccion-2024>

Concreto. (2020). Pruebas piloto de impresión 3D en elementos arquitectónicos. Constructora

Concreto. https://argos.co/colombia_imprime_el_futuro_primeras_viviendas_3d_de_suramerica_se_entregaron_en_la_union_antioquia/

Concreto. (2021). *Conozca la primera impresora 3D gran formato de concreto en Colombia.*

<https://concreto.com/sala-de-prensa/conozca-la-primera-impresora-3d-gran-formato-de-concreto-en-colombia/>

Concreto. (2021). *Proyecto Casa Origami: Innovación en vivienda mediante impresión 3D.*

<https://360gradosenconcreto.com>

Concrete 3D printing technology for sustainable construction: A review on raw material, concrete type and performance, *Developments in the Built Environment*, Volume 17, 2024.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165924000590?utm_source

Conde-Caicedo, M., Villaquirán-Caicedo, M., & Mejía de Gutiérrez, R. (2024). Potencial de la impresión 3D en la construcción con materiales basados en suelos. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 26(1). Universidad del Valle.

https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/14643?utm_source

Congreso de Colombia. (1982). *Ley 23 de 1982 (28 de enero), por la cual se establece la Ley sobre derechos de autor.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3431#:~:text=Ley%2023%20de%201982%20%2D%20Gestor%20Normativo%20%2D%20Funci%C3%B3n%20P%C3%ABlica>

Congreso de la República de Colombia. (1982, 28 de enero). Ley 23 de 1982. Diario Oficial No.

35.752. <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2019-06/ley-23-1982.pdf> Congreso

- de la República de Colombia. (1997, 18 de julio). Ley 388 de 1997. Diario Oficial No. 43.091. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>
- Congreso de la República de Colombia. (2000, 14 de julio). Ley 594 de 2000. Por medio de la cual se dicta la Ley General de Archivos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 44.093. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4275>
- Dassault Systèmes (s.f.). Ventajas e inconvenientes de la impresión 3D. <https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/pros-and-cons-3d-printing>
- Delloite. (2014). Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. https://webcourses.ucf.edu/courses/1408489/pages/2-dot-2-industria-4-dot-0-la-cuartarevolucion-industrial?module_item_id=15821549
- Enel Green. (2024). Aplicación de impresión 3D en infraestructuras para energías renovables. Enel Green Power Colombia. <https://www.3ds.com/es/make/solutions/industries/3d-printing-energy-sector>
- Expoconstrucción Expodiseño (2025), Principales desafíos del sector de la construcción y cómo enfrentarlos. Econexia. <https://econexia.com/es/contenidos-articulo/industria-y-medio-ambiente/1241/Principales-desafios-construccion-como-enfrentarlos>
- Girskas, G., & Kligys, M. (2025). 3D Concrete Printing Review: Equipment, Materials, Mix Design, and Properties. *Buildings*, 15 (12), 2049. <https://doi.org/10.3390/buildings15122049> MDPI+1

Guerrero Dávila, G. (2015). Metodología de la investigación. México D.F, México: Grupo

Editorial Patria. <https://ediunefm.com/editorial/index.php?op=1>

Hage, A. E., Paquet, E., Neu, T., Poullain, P., & Leklou, A. N. (2024). Navigating the Digital

Chain in Concrete 3D Printing. arXiv preprint arXiv:2410.16319.

https://arxiv.org/abs/2410.16319?utm_source

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.

https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf

ICONTEC. (2024). Análisis normativo para la impresión 3D en la construcción en Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. https://e-normas.icontec.org/?utm_source

ICONTEC. (2024). *Lineamientos para el desarrollo de normativas aplicables a tecnologías emergentes en construcción*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

https://e-normas.icontec.org/?utm_source

Informes de Expertos. (2025). Mercado de impresión 3D de hormigón en Colombia 2025-2030:

Análisis, tendencias y pronóstico.

<https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-impresion-3d-de-hormigon-en-colombia>

Iribar, I (2023). Cómo funciona la impresión 3D en la industria de la construcción. Cemex

Venture. <https://www.cemexventures.com/es/impresion-3d-en-la-construccion/>

- Kamin, M. (2021). Panorama construcción de viviendas de interés social en Colombia con impresoras 3D. *Semana Sostenible*. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/colombia-crece/articulo/impresion-3d-en-la-construccion-de-viviendas-en-colombia/202148/>
- Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2025). Robotic Micro-house – Experience with 3D Concrete Printing for Housing Construction. En: *Advances in Additive Manufacturing for Civil Engineering*. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-96-3433-0_2
- Mahecha-Vargas, J. A. (2021). Aplicación del Design Thinking para evaluar la adopción de impresión 3D en procesos constructivos (Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia). Repositorio UCatólica. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/ca0b17f2-4477-4937-8d2f-40cf96c47315?utm_source
- Marifah, S. L., Saputri, U. S., & Permadi, D. D. (2025). Systematic literature review: 3D printing technology for sustainable construction innovation. *Buildings*, 15(2) https://www.mdpi.com/2673-4591/107/1/93?utm_source
- Martinez, H. (2012). Metodología de la investigación. Santa fe: Cengage learning, sexta edición. <https://sd0bc5f099b0aa845.jimcontent.com/download/version/1494904262/module/10258608883/name/LIBROOO%20investigacion%20cientifica.pdf>
- Mendoza-Rangel, J. M., Zapata-Padilla, J. R., Anguiano-Pérez, F. D., Velásquez-Hernández, M. I., Mares-Chávez, S., Espino-Robles, E. E., Alvarado-López, J. I., López-Serna, M.A.,

Mendoza-Jiménez, J. A., Díaz-Aguilera, J. H. (2024), “*Economía circular y la industria de la construcción por impresión 3D: una solución de diseño, durabilidad, materiales y procesos para lograr la vivienda digna, asequible y sostenible en México*”, Revista

ALCONPAT, 14 (2), pp. 115 – 140,

https://www.researchgate.net/publication/381344360_Economia_circular_en_la_industria_de_la_construccion_por_impresion_3D_una_solucion_de_diseno_durabilidad_materiales_y_procesos_para_lograr_la_vivienda_digna_asequible_y_sostenible_en_Nuevo_Leon_y_Mexi

Mesa, A. M. (2017). ¿Cómo nace la impresión 3D de gran formato en Colombia? 360 en

Concreto. <https://360enconcreto.com/como-nace-la-impresion-3d-de-gran-formato-en-colombia/>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015, 26 de mayo). Decreto 1077 de 2015. Diario

Oficial No. 49.523.

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/normatividad/2015-05-26/decreto-1077-2015.pdf>

Ministerio de Vivienda. (2023). Piloto de impresión 3D en proyectos de vivienda rural.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Mustafa B., Rahul J., Mohamad Y., & Ibrahim M., (2022). 3D concrete printing for sustainable

and economical construction: A comparative study, *Automation in Construction*, Volume

134, 2022. https://intellectum.unisabana.edu.co/entities/publication/427b1bed-e418-40a9-ba18-f01cd6fb5091?utm_source

Núñez Sánchez, D. P. (2022). *Impresión 3D en el sector de la construcción de obras civiles: Una revisión*. Universidad Militar Nueva Granada.

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/d530b6ac-279a-4018-897f-b77d57ef1875/content>

Osorio, J. C., Machuca-Martínez, F., & Camargo Amado, R. J. (2023). *Editorial: Doctorado en Ingeniería de la Universidad del Valle: un pilar fundamental para el desarrollo regional y nacional*. *Ingeniería y Competitividad*, 24(4).

https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/13316/16199

Ozturk, I. E., & Ozturk, G. B. (2019). *3D printing in civil engineering: A systematic literature review*. In D. Ozevin et al. (Eds.), *Interdependence between structural engineering and construction management* (pp. 1–6). ISEC Press.

https://www.researchgate.net/publication/339681704_3D_PRINTING_IN_CIVIL_ENGINEERING_A_SYSTEMATIC_LITERATURE_REVIEW

Palella, S., Martis F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Fedupel. Caracas.

<https://www.researchgate.net/publication/339681704>

Prieto Vásquez, J. S. (2022). *Impresión 3D en construcción e implementación en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44591/PrietoV%C3%A1squezJuanSebasti%C3%A1n2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Puerto, D & Pedraza, J (2020) Análisis del modelo de impresora 3D para la construcción de viviendas en Colombia. [Trabajo de grado fundación universitaria juan de Castellanos].

[https://es.scribd.com/document/476686045/ANALISIS-DEL-MODELO-DE-](https://es.scribd.com/document/476686045/ANALISIS-DEL-MODELO-DE-IMPRESORA-3D-PARA-LA-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-COLOMBIA)

[IMPRESORA-3D-PARA-LA-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-COLOMBIA](https://es.scribd.com/document/476686045/ANALISIS-DEL-MODELO-DE-IMPRESORA-3D-PARA-LA-CONSTRUCCION-DE-VIVIENDAS-EN-COLOMBIA)

Redacción 360 en Concreto. (s.f.). Casa Origami: primer prototipo de vivienda impresa en 3D en Colombia. 360 en Concreto. <https://360enconcreto.com/casa-origami-primer-prototipo-de-vivienda-impresa-en-3d-en-colombia/>

Rivera García, C. A. (2018). Construcción aditiva y su potencial en el sector edificador en Colombia (Trabajo de grado, Universidad de los Andes). Repositorio Institucional Uniandes. https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/2ccf4ad2-24c1-47cb-b04a-1176a57926ee?utm_source

Robayo-Salazar, R., Mejía de Gutiérrez, R., Villaquirán-Caicedo, M. A., & Delvasto Arjona, S. (2023). 3D printing with cementitious materials: Challenges and opportunities for the construction sector. *Automation in Construction*, 146, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104693>

Schönbeck, P., Löfsjögård, M., & Ansell, A. (2021). Collaboration and knowledge exchange possibilities between industry and construction 4.0 research. *Procedia Computer Science*, 129-137. de <https://www-sciencedirectcom.ezproxy.umng.edu.co/science/article/pii/S1877050921015015>

- Semana. (2022). ¿Por qué la impresión 3D no despega en la construcción colombiana? Revista Semana. <https://www.semana.com/economia/articulo/por-que-la-impresion-3d-no-despega-en-la-construccion-colombiana/202200/>
- Sinka, M., et al. (2023). A review of “3D concrete printing”: Materials and process characterization, economic considerations and environmental sustainability. *Construction and Building Materials*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223000426>
- Valer, J. (2025). Colombia: Casas impresas en 3D transforman la forma de construir viviendas. *Revista Perú Construye*. <https://peruconstruye.net/2025/04/08/casas-impresas-en-3d-colombia/#:~:text=Colombia%20revolucionaria%20la%20construcci%C3%B3n%20con,mano%20de%20obra%20y%20materiales>
- Vargas, J. D. (2021). Análisis de la implementación de la impresión 3D en el sector de la construcción en Colombia aplicando la metodología “Design Thinking” [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstreams/8269a4b0-b558-4170-9d9e-a325418465c4/download>
- Xiaonan W., Wengui Li, Y., Alireza K., Kejin W., Liberato F., y Isabel A., (2024). Concrete 3D printing technology for sustainable construction: A review on raw material, concrete type and performance, *Developments in the Built Environment*, Volume 17, 2024.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165924000590?utm_source

Yepes, R. (2024). No es el futuro, es el presente. Argos y la Universidad Nacional de Colombia ponen en marcha la impresora 3D más grande de Colombia y Suramérica. Argos.

<https://argos.co/en-2023-argos-impacto-a-cerca-de-4-000-personas-de-la-zona-norte-del-pais-con-mas-de-1-000-horas-de-capacitacion-duplicado-29938/>

Anexos

Anexo 1: Manual de uso de la matriz de análisis documental

1. Introducción

Este manual tiene como finalidad orientar el uso de la matriz en Excel diseñada para el análisis documental en el marco del proyecto de investigación sobre los impactos de la impresión 3D en la industria de la construcción en Colombia. La matriz permite organizar, clasificar y analizar de manera sistemática los documentos seleccionados mediante criterios cualitativos.

2. Objetivo de la Matriz

Facilitar la recolección, sistematización e interpretación de información proveniente de fuentes secundarias relevantes para comprender los aspectos sociales, técnicos, normativos y culturales relacionados con la implementación de la impresión 3D en Colombia.

3. Instrucciones de Uso

A continuación, se describen las columnas de la matriz y cómo diligenciarlas:

- **Código**

La codificación de los documentos incluidos en la matriz de análisis tiene como propósito organizar de manera sistemática los aportes de cada fuente, permitiendo una interpretación coherente, comparable y alineada con los resultados esperados del proyecto. Este proceso es fundamental para estructurar el análisis cualitativo, ya que facilita agrupar documentos según su contribución temática, identificar patrones emergentes, y relacionar cada texto con las

dimensiones centrales del estudio. Gracias a la codificación, la matriz mantiene uniformidad y permite avanzar hacia conclusiones sólidas y bien sustentadas.

La matriz utiliza cuatro categorías principales de codificación, cada una asociada a un tipo de aporte que puede realizar el documento. La primera categoría es ETC – Eficiencia en tiempos y costos, aplicada a textos que presentan información sobre optimización de procesos constructivos, disminución de tiempos de ejecución, reducción de costos operativos o ahorros en materiales. La segunda categoría corresponde a SGA – Sostenibilidad y gestión ambiental, destinada a documentos que abordan aspectos como reducción de emisiones, menor generación de residuos, uso eficiente de recursos, incorporación de prácticas de economía circular o evaluación del impacto ambiental de la impresión 3D.

La tercera categoría es IDA – Innovación en diseño arquitectónico y transformación del proceso constructivo, donde se ubican las fuentes que describen nuevas metodologías de diseño, avances tecnológicos, automatización, modelado paramétrico, robotización o transformaciones significativas en el proceso constructivo tradicional. Finalmente, la categoría RNC – Retos normativos, culturales y de adopción tecnológica se asigna a documentos que tratan regulaciones, estándares técnicos, dificultades para la adopción, barreras culturales, percepción social, carencia de normativas, falta de formación técnica o cualquier aspecto relacionado con los desafíos para implementar la impresión 3D en construcción.

Para seleccionar el código adecuado para cada documento, se debe identificar primero la idea central del aporte consignado en la columna “Aportes al trabajo de investigación”. Con base en esa información, se escoge la categoría que tenga mayor predominancia en el contenido, privilegiando siempre aquella que presente evidencia, datos o análisis más sustantivo. Cuando un documento aborde varias áreas temáticas, debe seleccionarse el código que mejor represente su

contribución principal. En caso de duda, se elige la categoría que resulte más pertinente a los objetivos del proyecto y que responda más directamente a la pregunta de investigación.

Cada categoría se representa con un código corto compuesto por tres letras: ETC, SGA, IDA o RNC. Este código se registra en la columna correspondiente en la matriz documental. Para realizar el procedimiento adecuadamente, el usuario debe leer el documento (o su resumen), identificar su aporte principal, compararlo con las cuatro categorías descritas, seleccionar la más adecuada y finalmente ingresar el código en la matriz. Este proceso garantiza consistencia, claridad y rigor metodológico en el análisis documental.

- **Tipo de documento:**

identifica la naturaleza y el formato académico o técnico de cada fuente utilizada en la revisión bibliográfica. Su propósito es organizar los documentos según su origen, rigurosidad y finalidad, permitiendo analizarlos de manera coherente dentro del proyecto.

Cada documento debe clasificarse usando una de las siguientes ocho categorías, que corresponden a los tipos encontrados en la matriz:

1. **Trabajo de grado**

Incluye tesis, informes de investigación y revisiones documentales producidas en el ámbito académico.

2. **Artículo científico**

Publicaciones sometidas a revisión por pares en revistas indexadas.

3. Artículo técnico / Nota técnica

Textos breves de carácter divulgativo o profesional con enfoque técnico, NO necesariamente científicos.

4. Artículo periodístico

Publicaciones de prensa, entrevistas o notas informativas de medios de comunicación.

5. Informe técnico / Informe corporativo / Informe gremial / Informe institucional

Documentos elaborados por empresas, gremios, instituciones públicas o privadas con información técnica, operativa o sectorial.

6. Informe de mercado

Documentos especializados que presentan análisis de mercado, crecimiento del sector y tendencias comerciales.

7. Estudio o capítulo de libro

Publicaciones académicas no clasificadas como artículo científico, incluyendo capítulos de libros con análisis técnico o casos aplicados.

8. Revisión científica (sistemática o crítica)

Artículos o documentos cuyo objetivo principal es sintetizar, comparar y analizar múltiples estudios previos.

La matriz debe contener solo las categorías definidas, sin crear nuevas. Cada documento se clasifica en una sola categoría, la que mejor describa su naturaleza primaria.

- **Autor(es) y año:**

En este campo se debe registrar el nombre del autor o los autores del documento, junto con el año de publicación. Esta información permite identificar la procedencia intelectual de cada fuente y garantizar la trazabilidad académica del material analizado. Siempre se debe conservar el formato estandarizado para mantener la coherencia dentro de la matriz.

Cuando el documento cuenta con autores claramente identificados, se deben escribir los apellidos seguidos de la inicial del nombre de cada autor. En caso de que existan varios autores, estos deben separarse por comas para asegurar la claridad en la lectura. El año de publicación se coloca entre paréntesis inmediatamente después del listado de autores. Ejemplos de este caso serían: Kamin (2021) o Buswell, J., Leal, M., & Torres, P. (2018).

Si el documento no presenta autor individual, se debe registrar el nombre de la entidad, revista, página web o institución responsable de su elaboración. Esta información se escribe seguida del año de publicación. Algunos casos típicos incluyen fuentes institucionales o notas periodísticas, como Redacción 360 en Concreto (s.f.), Semana (2022) o Ministerio de Vivienda (2023). Este procedimiento asegura que el documento quede correctamente atribuido aun cuando no posea un autor personal.

En los documentos que no tienen año de publicación se debe indicar la expresión (s.f.), la cual significa “sin fecha”. Este recurso permite mantener la consistencia en el formato de citación incluso cuando la fuente carece de información temporal explícita. Un ejemplo sería: 360 en Concreto (s.f.).

Finalmente, se deben tener en cuenta algunas reglas prácticas para estandarizar el diligenciamiento. Siempre se debe usar mayúscula inicial en los nombres propios, sin agregar enlaces o URLs en este campo, ya que estos pertenecen únicamente a las referencias finales del trabajo. En documentos con más de tres autores, es válido registrar únicamente el primero seguido de et al. para simplificar, tal como Girskas et al. (2025). En el caso de organismos oficiales, se debe escribir el nombre completo para asegurar claridad institucional. Estas pautas garantizan uniformidad, claridad y rigor académico en la matriz documental.

- **Ubicación Geográfica (País):**

En este campo se consigna el país o región desde donde proviene el documento, es decir, el lugar asociado al estudio, caso, investigación, institución o autor principal. No se refiere al país donde tú estás realizando la investigación, sino al lugar desde donde se generó el documento analizado.

- **Aportes al trabajo de investigación:**

En este campo se debe escribir, de forma breve y clara, cuál es el aporte principal que el documento ofrece al proyecto de investigación. El aporte puede estar relacionado con aspectos técnicos, sociales, ambientales, normativos, económicos o culturales de la impresión 3D en la construcción. Se recomienda resumir únicamente las ideas más relevantes, evitando copiar grandes fragmentos del texto original.

El objetivo es identificar por qué este documento es útil para el estudio y qué información concreta brinda: datos, resultados, conceptos, casos, ejemplos, cifras, metodologías o conclusiones que apoyen la comprensión del fenómeno en el contexto colombiano o en referencias comparativas. Cada descripción debe mantenerse objetiva, precisa y enfocada en el valor que el documento agrega al análisis general.

4. Recomendaciones

- ✓ Aplica criterios de selección claros y consistentes, priorizando la relevancia temática, la calidad del contenido y su aporte real al proyecto.
- ✓ Mantén uniformidad en el diligenciamiento de todos los campos para asegurar comparabilidad entre documentos y evitar interpretaciones contradictorias.
- ✓ Registra únicamente información verificable y comprobable, evitando suposiciones o datos no confirmados.
- ✓ Resume el aporte de cada documento de manera objetiva y concisa, destacando solo lo esencial para el análisis.
- ✓ Asegura que cada elemento registrado responda a los objetivos y pregunta de investigación, manteniendo enfoque y coherencia en toda la matriz.