

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Documento F-AC-DBL-007	Código 30-09-2024	Fecha C
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO	Pág. 1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Andrés Felipe Angarita Peña Juan Pablo Arias Vergel		
FACULTAD	Facultad de Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Civil		
DIRECTOR	Álvaro José Quintero Rojas		
CODIRECTOR (si aplica)	Ricardo Andres García León		
TÍTULO DE LA TESIS	Sistemas constructivos industrializados y tradicionales para vivienda de interés social urbana en Colombia: Comparación técnico-económica.		
TITULO EN INGLES	Industrialized and traditional construction systems for urban social housing in Colombia: A technical-economic comparison.		
RESUMEN (70 palabras)			
Este estudio compara sistemas constructivos industrializados y tradicionales para vivienda de interés social en Colombia. Analiza teóricamente y evalúa dos proyectos en Barranquilla, demostrando que los sistemas industrializados son más eficientes en tiempos, calidad y sostenibilidad, aunque requieren mayor inversión inicial. Concluye que la industrialización es viable y necesaria para mejorar la construcción de VIS en Colombia con adecuada planificación y capacitación técnica.			
RESUMEN EN INGLES			
This study compares industrialized and traditional construction systems for social housing in Colombia. It theoretically analyzes and evaluates two projects in Barranquilla, demonstrating that industrialized systems are more efficient in time, quality, and sustainability, though requiring higher initial investment. It concludes that industrialization is viable and necessary to improve social housing construction in Colombia with adequate planning and technical training.			
PALABRAS CLAVES	Alidad, Construcción industrializada, Eficiencia, Sostenibilidad, Sistemas constructivos, Tiempos de ejecución, Vivienda de interés social		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Construction systems, Efficiency, Execution times, Industrialized construction, Quality, Social housing, Sustainability		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 108	PLANOS:	ILUSTRACIONES:40	CD-ROM:



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**Sistemas constructivos industrializados y tradicionales para vivienda de interés
social urbana en Colombia: Comparación técnico-económica.**

Andres Felipe Angarita Peña

Juan Pablo Arias Vergel

Facultas de ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Msc. Álvaro José Quintero Rojas

Ph.D. Ricardo Andres García León

5 octubre del 2025

Página de aceptación de la monografía

Esta monografía fue aceptada por el comité curricular y evaluada por los jurados asignados, Esp. Elkin Yesid Barbosa Quintero y Msc. Jesús David Márquez Montejo, a los 17 días del mes de octubre del año 2025, en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

Índice

Capítulo 1. Generalidades.....	15
1.1 Introducción a los sistemas industrializados.....	15
1.2 Contexto histórico de los sistemas industrializados	18
1.3 Planteamiento del problema	20
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo General.....	21
1.4.2 Objetivos Específicos	21
1.5 Delimitación y justificación.....	23
Capítulo 2: Planteamiento de la investigación	25
2.1 Definición de sistemas constructivos industrializados y tradicionales.....	25
2.1.1 Sistemas constructivos industrializados	25
2.1.2 Sistemas constructivos tradicionales	28
2.2 Clasificación de los sistemas	31
2.2.1 Clasificación de los sistemas convencionales o tradicionales	31
2.2.2 Clasificación de los sistemas constructivos industrializados	36
2.3 Normas técnicas aplicables en Colombia	43
Capítulo 3. Análisis Bibliométricos de los sistemas industrializados en las edificaciones ..	48
3.1 Análisis bibliométrico.....	48
3.1 Estudios comparativos nacionales e internacionales.	58

3.1.1 Evaluación de costos y tiempos del sistema constructivos industrializado de muros.	58
3.1.2 Análisis y comparación de sistemas constructivos contemporáneos como block fast y panel w vs clásicos mampostería	59
3.1.3 Análisis comparativo de sistemas constructivos industrializados: Forsa y Uni-Span.	60
3.1.4 Análisis comparativo de viabilidad productiva y financiera entre el sistema constructivo industrializado vs sistema modular Off site	61
3.2 Casos documentados en Colombia.	62
3.2.1 Caso 1: Evaluación del sistema constructivo modular en viviendas VIS – Proyecto Ciudadela Foresta, Tocancipá, Cundinamarca.	62
3.2.2 Caso 2: Construcción modular para viviendas VIP unifamiliares en Colombia .	63
3.3 Estudios de costos y tiempos de ejecución	65
3.3.1 Diseño ambiental y económico de edificaciones residenciales, Colombia (Jorge-Ortiz et al., 2025).	65
3.3.2 Construcción en hormigón para viviendas de interés social en Colombia (Velasco et al., 2022).	65
3.3.3 Industrialización, eficiencia y vivienda social: prefabricación sostenible (Restrepo Montoya, 2024).	66
3.3.4 Análisis comparativo del costo y tiempo del método de implementación de concreta in situ con prefabricados (Purba, 2020).	66

3.3.5 Estudios comparativos entre sistemas estructurales prefabricados y convencionales moldeados in situ, India (Agrawal, Sanghai, y Dabhekar, 2021).	66
Capítulo 4. Análisis comparativo entre teorías y practicas constructivas.....	68
4.1 Proyecto A: Sistema industrializado (Mirador de la Ciénaga, Barranquilla Atlántico).	68
4.2 Proyecto B: Sistema Tradicional (Monte Rivera, Sistema Tradicional.	81
4.3 Matriz técnica-económica de comparación	90
4.4. Discusión de lo analizado	91
Capítulo 5. Síntesis del análisis	94
5.1 Contraste conceptual y teórico entre autores.	94
5.2 Profundización y discusión de resultados	95
Capítulo 6. Conclusiones.....	97
Capítulo 7. Recomendaciones	100
Referencias	102

Lista de figuras

Figura 1 Sistema constructivo industrializado.....	26
Figura 2 Sistema constructivo tradicional	30
Figura 3 Estructura con mampostería confinada	32
Figura 4 Sistemas estructurales. NSR-10.	34
Figura 5 Panel prefabricado de hormigón	36
Figura 6 Sistema INDAGSA	38
Figura 7 Sistema “SET HOME”	40
Figura 8 Sistema “SET HOME” en construcción.....	41
Figura 9 Sistema transloko	42
Figura 10 Tipos de documentos científicos	49
Figura 11 Incremento de la cantidad de fuentes por año	50
Figura 12 Fuentes más relevantes sobre el tema	51
Figura 13 Diagrama de principales palabras clave.....	52
Figura 14 Frecuencia de palabras clave.....	53
Figura 15 Instituciones más relevantes.....	54
Figura 16 Citaciones por país	55
Figura 17 Alianzas científicas entre países.....	56
Figura 18 Documentos más citados.....	57
Figura 19 Formaleta tipo manoportable	58
Figura 20 Formaleta manoportable Forsa.....	60
Figura 21 Vivienda VIP con diseño modular.....	64
Figura 22 Proyecto Mirador de la Ciénaga.....	68

Figura 23 Ubicación proyecto Mirador de la Ciénaga	69
Figura 24 Movimiento de tierras	71
Figura 25 Conformación de terrazas	72
Figura 26 Losa de cimentación.....	73
Figura 27 Formaleta en aluminio tipo FORSA - 1	74
Figura 28 Formaleta para losa	75
Figura 29 Formaleta para losa	75
Figura 30 Redes eléctricas e hidrosanitarias.....	76
Figura 31 Redes eléctricas e hidrosanitarias.....	77
Figura 32 Redes eléctricas e hidrosanitarias.....	77
Figura 33 Redes eléctricas e hidrosanitarias.....	78
Figura 34 Redes eléctricas e hidrosanitarias.....	78
Figura 35 Proyecto Monte Rivera	81
Figura 36 Cimentación de la estructura.....	84
Figura 37 Armado de losa para la estructura	85
Figura 38 Muros divisorios.....	86
Figura 39 Instalación de redes hidrosanitarias y eléctricas	87
Figura 40 Instalación de redes hidrosanitarias y eléctricas	87

Lista de tablas

Tabla 1 Unidades Iniciadas	16
Tabla 2 División temática del reglamento NSR-10	44
Tabla 3 Sistemas comparados	62
Tabla 4 análisis de estudios de costo y tiempo de ejecución	67
Tabla 5 Matriz técnica-económica de comparación	90

Resumen

El presente estudio titulado “Sistemas constructivos Industrializados y Tradicionales para Vivienda de interés Social Urbano en Colombia: Comparación Tecnico-Economica” abarca como ha venido evolucionando la aplicación y eficiencia de los diferentes métodos constructivos utilizados en el país. A partir de un análisis basado en la parte teórica y práctica, se logra identificar las limitaciones, ventajas y oportunidades que presentan los sistemas de construcción industrializados en comparación a los sistemas constructivos tradicionales, principalmente en proyectos de vivienda de interés social (VIS), donde los tiempos de ejecución, costos, calidad de la construcción y disminución de los daños al medio ambiente, son factores determinantes. La estructura del estudio se da en cinco capítulos que abarcan desde la parte teórica y normativa hasta el análisis comparativo de dos proyectos reales ubicados en la ciudad de Barranquilla Colombia.

En primer lugar, el capítulo 1 presenta el marco introductorio y conceptual del estudio, el cual define las problemáticas por las cuales se realiza la investigación, los objetivos que la orientan y la justificación que soportan su importancia. Abarcando todos los elementos del estudio, se establecen las bases para realizar el comparativo entre los sistemas constructivos industrializados y tradicionales, enfocados en buscar soluciones más eficientes en la construcción de viviendas de interés social en Colombia.

En segundo lugar, se conforma el marco teórico y regulatorio de la investigación. Definiendo con claridad todos los conceptos de los sistemas constructivos, clasificándolos según su nivel de industrialización y las normas que regulan este tipo de sistemas en

Colombia. Partiendo de esto se establecen los métodos apropiados para realizar un análisis comparativo técnico-económico de los sistemas de construcción industrializados y sistemas de construcción tradicionales, consignados en los capítulos siguientes de la investigación.

En el capítulo tres, se demuestra que, a partir del análisis bibliométrico, los sistemas constructivos industrializados son una alternativa innovadora y eficiente en comparación a los sistemas constructivos tradicionales. Las investigaciones realizadas a nivel nacional como internacional demuestran los beneficios en cuanto a costos, tiempos de ejecución, control de calidad y sostenibilidad ambiental, aunque aún siguen existiendo barreras económicas y técnicas para su aplicación de forma masiva en el territorio colombiano. Tomando en cuenta lo anterior se consolidan las bases para el análisis practico comparativo que se desarrollara en el capítulo siguiente, con los proyectos seleccionados.

Posteriormente el capítulo cuarto, consolida la parte práctica del estudio al demostrar a través de los proyectos residenciales Mirador de la Ciénaga y Monte Rivera, las diferencias entre los sistemas de construcción industrializados y el sistema de construcción tradicional. Los resultados de este proceso demuestran que los niveles de eficiencia, calidad y sostenibilidad aumentan con la industrialización en la construcción, aunque requiere una mejoría en la parte técnica y mayor inversión en sus inicios. Con base en este análisis practico se demuestra la necesidad de innovar y modernizar los procesos constructivos en Colombia, para lo cual es necesario integrar las actividades tradicionales con la innovación tecnológica.

El capítulo cinco, integra el análisis entre lo teórico y práctico del estudio, demostrando que los sistemas industrializados y tradicionales presentan ventajas y limitaciones con una serie de diferencias teniendo en cuenta el contexto de sus aplicaciones. El contraste entre los diferentes autores muestra una clara aprobación en que la industrialización mejora la eficiencia, calidad y sostenibilidad, mientras que los sistemas tradicionales son más eficientes en su etapa de construcción inicial, debido a su adaptabilidad y bajo costo. Al analizar los proyectos Mirador de la Ciénaga y Monte Rivera, se confirma que el sistema de construcción industrializado mejora los tiempos de ejecución, reduce el uso de materiales, aunque también requiere de mayor inversión inicial y capacitación técnica.

El capítulo seis, arroja las conclusiones del estudio, el cual consolida y reafirma que es necesario y viable, para el sector de la construcción en Colombia la inclusión de los métodos constructivos industrializados. El estudio además demuestra que, utilizando una planificación adecuada, en compañía de capacitación técnica al sector y el respaldo normativo, se lograra convertir la industrialización en un punto de partida estratégico para la construcción de viviendas de interés social (VIS) que garanticen la calidad, economía y sostenibilidad.

Finalmente, en el capítulo siete se presentan las recomendaciones del estudio en cuanto a que sistema constructivo genera más ventajas y limitaciones al momento de desarrollar proyectos de construcción de viviendas de interés social en Colombia, demostrando que, en tiempos de ejecución, costos, sostenibilidad ambiental y calidad, el

sistema constructivo industrializado es más eficiente para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Introducción

La construcción de vivienda de interés social (VIS) en Colombia, se ubica como uno de los pilares fundamentales del desarrollo urbano y social, debido al aumento de la demanda habitacional entre los sectores de medios y bajos ingresos. Con base en esto, toma gran importancia la elección del sistema constructivo bien sea industrializado o tradicional, ya que incide directamente en los costos, los tiempos de ejecución, la calidad de las edificaciones y sostenibilidad ambiental de los proyectos. En las últimas décadas el sector de la construcción en Colombia ha iniciado una transición hacia métodos más eficientes, buscando mejorar sus procesos constructivos y poder cumplir con las necesidades habitacionales generadas por la urbanización acelerada.

El presente estudio tiene como propósito generar una comparación técnico-económica entre los sistemas constructivos industrializados y los sistemas constructivos tradicionales, enfocados en viviendas de interés social urbana en Colombia, a través de casos reales y de un análisis bibliométrico. Este análisis dará a conocer las ventajas, y limitaciones de cada sistema, lo cual direccionará la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción residencial.

Para dar un mejor contexto al estudio, se analizarán dos proyectos desarrollados por la constructora Amarilo en la ciudad de Barranquilla. El primero de ellos, Mirador de la Ciénaga, emplea un sistema de construcción industrializado, caracterizado por el uso de prefabricados y procesos sistematizados que reducen los tiempos de ejecución en obra y además mejoran la calidad en la construcción. El segundo proyecto es Monte Rivera, el

cual se construye mediante sistema tradicional, basado en estructuras de concreto fundido en sitio (zapatas, vigas, columnas) y métodos artesanales que, aunque llevan mayores tiempos de ejecución y mano de obra, son más flexibles en su construcción y adaptación a las condiciones del sitio del proyecto.

Por medio de la comparación de los proyectos Mirador de la Ciénaga y Monte Rivera, se busca establecer una serie de parámetros de desempeño en temas relacionados con los tiempos de ejecución, los costos, la calidad estructural y la sostenibilidad ambiental. Tomando en cuenta lo anterior el estudio busca contribuir a los temas técnicos que se generan sobre la pertinencia y viabilidad de los sistemas constructivos en los proyectos de construcción de vivienda de interés social, ofreciendo un estudio completo que sirva para académicos como también para profesionales en el sector de la construcción en Colombia.

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Introducción a los sistemas industrializados

En los últimos años, la industria de la construcción en Colombia ha afrontado diferentes retos relacionados con la eficiencia, el cumplimiento de cronogramas de obra, el control de costos y la sostenibilidad ambiental. Dichos retos han impulsado la búsqueda de otras opciones que mejoren los métodos de construcción en cuanto a los procesos tradicionales de los métodos de construcción, principalmente en el ámbito de la vivienda de interés social (VIS). Con base en lo anterior, los sistemas constructivos industrializados han logrado llamar la atención, debido a que sus procesos son más controlados, reducen las pérdidas de materiales y disminuyen los tiempos de ejecución. (Smith,2020; Lawson, Ogden & Groodier, 2014).

Los sistemas de construcción industrializados se caracterizan por la inclusión de métodos como los prefabricados, modulares y estandarización de componentes, lo cual los hace diferentes a los métodos de construcción tradicionales, que por lo general se construyen en el sitio de la obra y con mayor dependencia de mano de obra artesanal. Los sistemas de construcción industrializados, no solo se enfocan en mejorar la productividad, y la calidad de la construcción, sino también en la disminución en cuanto a la generación de residuos de construcción y demolición (RCD), lo que contribuye a una edificación más sostenible. (Blismas, 2007; Kibert, 2016).

El déficit habitacional que ha venido en constante crecimiento en Colombia ha sido uno de los principales motivos de la construcción de viviendas de interés social (VIS). De acuerdo a la tabla 1 que se muestra a continuación con cifras del DANE (2018), el 58 % de las viviendas construidas en el país ya incorporaban sistemas industrializados, frente al 23 % con mampostería confinada y el 18 % con mampostería estructural, lo que demuestra una tendencia hacia la construcción con los sistemas industrializados. Sin embargo, su implementación afronta limitaciones y desinformación de tipo cultural, económico y normativo, lo cual genera dificultades en consolidación versus los sistemas tradicionales (Jaillon & Poon, 2010).

Tabla 1

Unidades Iniciadas

		Unidades Iniciadas			
		Mampostería Estructural	Mampostería Confinada	Sistemas Industrializados	Otros
2018-II	Unidades	2.945	3.804	9.752	163
	Área (m2)	170.921	244.213	567.174	11.322

Nota. Tomado de (DANE, 2018)

Por lo tanto, dicho estudio comparativo entre los sistemas constructivos evidencia una gran importancia que logra identificar las diferencias entre la parte técnica y económica, como también las oportunidades y desafíos que se generan para la construcción de vivienda de interés social en Colombia.

Los resultados de la última Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) del DANE con corte a 2024, demuestra que el déficit habitacional en Colombia se redujo del 28,9% al 26,8%, superando la meta del Plan Nacional de Desarrollo, la cual proyectaba una reducción hasta el 27,9%. Este avance equivale a que alrededor de 300 mil habitantes de Colombia lograron superar su condición de déficit habitacional, alcanzando un 82,3% del objetivo gubernamental para el cuatrienio. La disminución del déficit que bajo del 22,1% a 20%, data de la mayor reducción registrada desde la adopción de la metodología oficial en 2019. (DANE, Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2024; Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2025)

1.2 Contexto histórico de los sistemas industrializados

Los inicios de los sistemas industrializados en la construcción datan a tiempos de la revolución industrial, cuando aparecieron por primera vez elementos prefabricados, los cuales fueron aplicados principalmente en edificaciones de gran escala. A mediados del siglo XX, estos sistemas comenzaron a consolidarse ya que, por medio de estos, se logró mejorar los tiempos de ejecución y por ende la construcción masiva de estas unidades habitacionales, especialmente en Europa tras la segunda guerra mundial (Lessing, Stehn & Ekholm, 2015).

En el ámbito local, los inicios en la incorporación de las técnicas industrializadas se registraron en la década de 1970. Una serie de investigaciones llevadas a cabo por Bello (2018) y Galindo Hernández (2023) dan a conocer como en Bogotá entre los años 1950 y 1970, se promovió el uso de elementos prefabricados y sistemas industrializados en proyectos de vivienda de interés social. Con ello se buscaba lograr una disminución en los tiempos y costos, aunque la aplicación de estas nuevas técnicas carecía de lineamientos y normatividad lo cual generaba dudas e incertidumbre de su funcionamiento, pues durante la ejecución de un proyecto de construcción a partir de elementos prefabricados no se evidenciaba un avance significativo en los primeros meses, pero al cabo de una semana de transcurrido ese tiempo, se podían apreciar una gran cantidad de unidades residenciales, generalmente en torres de cinco o más pisos.

Con la inclusión de nuevas tecnologías en la construcción, tales como los sistemas modulares, el concreto prefabricado y el uso de softwares como el Building Information

Modeling (BIM), han sido parte de los cambios importantes de los sistemas industrializados, los cuales han permitido obtener procesos más eficientes y sostenibles (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011). En los últimos años su importancia ha sido de mayor relevancia, debido al crecimiento acelerado de la población, sumado al déficit habitacional que existe en países en desarrollo como lo es el caso de Colombia.

1.3 Planteamiento del problema

Teniendo un alto conocimiento de las ventajas que ofrecen los sistemas industrializados en la construcción, aún existen en Colombia el uso de métodos tradicionales en la construcción de viviendas de interés social (VIS). Lo cual genera un mayor tiempo de ejecución, aumento en costos operativos y un impacto negativo al medio ambiente el cual se traduce en generación de grandes residuos de construcción y demolición (RCD) y alto consumo de recursos como agua y energía (Froese, Rankin & Boyd, 2017).

Esta investigación plantea una pregunta importante:

¿Los sistemas industrializados en la construcción, representan una alternativa técnica y económicamente más eficiente que los sistemas constructivos tradicionales en cuanto a la construcción de viviendas de interés social en Colombia?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Comparar, desde una perspectiva técnica y económica, el desempeño de los sistemas constructivos industrializados y tradicionales aplicados a la vivienda de interés social urbana multifamiliar en Colombia, integrando un análisis bibliométrico y estudios de caso documentados para identificar tendencias, oportunidades y retos en su implementación.

1.4.2 Objetivos Específicos

Desarrollar un análisis bibliométrico de la investigación nacional e internacional sobre sistemas constructivos industrializados y tradicionales en vivienda de interés social, mediante la revisión y procesamiento de información proveniente de bases de datos académicas y técnicas, para identificar tendencias de publicación, autores destacados y enfoques temáticos predominantes.

Identificar y describir los principales sistemas constructivos industrializados empleados en Colombia, mediante la recolección y análisis de información técnica, normativa y de casos reales, para caracterizar sus materiales, tecnologías y grado de cumplimiento con la normativa local.

Determinar las ventajas y limitaciones técnicas, económicas, ambientales y normativas de los sistemas constructivos industrializados en Colombia, mediante el análisis

multicriterio de los resultados obtenidos y la confrontación con la literatura, para formular recomendaciones para su adopción en proyectos de vivienda de interés social urbana.

1.5 Delimitación y justificación

Esta monografía de compilación se basa en el estudio de distintas fuentes, como artículos, libros, tesis y proyectos de investigación, que abordan la implementación de sistemas industrializados en la construcción a nivel nacional (Lawson Ogden, & Goodier, 2014).

El estudio se enfoca en la relación técnico-económica de los sistemas industrializados con respecto a los sistemas tradicionales dentro del sector de la ingeniería civil.

Se incluyen como conceptos fundamentales “construcción industrializada”, “prefabricación”, “modularidad” y “automatización”. Estos términos constituyen la base para una búsqueda enfocada en la recopilación de documentos importantes para la investigación. (Blismas, 2007). Este análisis destaca la construcción industrializada como una alternativa innovadora y eficiente dentro de la industria de la construcción, al igual que el impacto positivo en el medio ambiente pues con este método constructivo se reduce de manera significativa los residuos de construcción, teniendo en cuenta que el uso de elementos no estructurales es casi nulo en estos sistemas. Se analizarán diferentes técnicas y materiales utilizados incluyendo el concreto prefabricado, estructuras modulares en acero y madera laminada, así como el papel que juega la digitalización en el diseño y ejecución en este tipo de proyectos (Pan, Gibb, & Dainty, 2007).

El presente análisis incluirá las principales normativas vigentes en Colombia, como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y las Normas Técnicas Colombianas (NTC), esto con el objetivo de identificar los requisitos técnicos y regulatorios que se tengan en cuenta en estos sistemas constructivos, garantizando su implementación segura y eficiente (INCONTEC, 2010).

El estudio abordara diversas investigaciones realizadas hasta la actualidad prestando mayor atención a los avances tecnológicos y regulatorios que han permitido la consolidación de los sistemas industrializados como una alternativa viable y eficiente para la ingeniería civil frente a los sistemas tradicionales (Jaillon & Poon, 2010).

Capítulo 2: Planteamiento de la investigación

2.1 Definición de sistemas constructivos industrializados y tradicionales

2.1.1 *Sistemas constructivos industrializados*

La construcción industrial se define como un sistema provechoso basado en el esbozo mecánico de elementos y subconjuntos producidos en sucesión que, tras un período de enlace, forman la totalidad o parte de una edificación, vivienda o edificio. En las casas prefabricadas, las sistematizaciones en el sitio son principalmente de ensamblaje en lugar de fabricación (Pérez, 2008).

Este sistema se basa en un sistema estructural conformado únicamente por muros y placas de hormigón (véase Figura 1). Este sistema se utiliza con frecuencia en Colombia, ya que permite acelerar los procesos constructivos de forma económica y práctica. El empleo de dichos sistemas se basa en optimizar los tiempos de uso del sistema de encofrado mediante el descimbrado de la estructura en el menor tiempo posible. Esto se debe realizar teniendo en cuenta la edad en la que el hormigón alcanza la resistencia para soportar las cargas que se generan durante el proceso constructivo. Este tipo de construcciones resulta ampliamente usado en la construcción de viviendas de interés social o prioritario, gracias a la mejora de plazos y de economía (Castro-Garrido, López-Garzón, Alvarado, Castaño, y Gasch, 2016).

Figura 1

Sistema constructivo industrializado



Nota. Se observa cómo se compone un sistema industrializado. (Castro-Garrido et al., 2016)

La construcción industrializada (industrialización) llega a ser una propuesta clave para la implementación de soluciones tecnológicas, ya que permite la automatización de los procesos de construcción y la mejora de la eficiencia de la cadena de suministro. Estos beneficios se han logrado mediante la adopción de inteligencia artificial (IA), metodologías colaborativas, como el modelado de información de construcción (BIM), y un enfoque en la sostenibilidad, aunque la implementación de estos métodos y técnicas de construcción ha sido progresiva debido principalmente a la falta de gestión de las herramientas y a los altos costos de inversión inicial. Además, en algunos casos, la falta de integración de sistemas independientes y de profesionales con experiencia en el uso de herramientas digitales

dificulta la adopción eficiente de estas metodologías. Teniendo esto en cuenta, la construcción industrializada exige el uso adecuado de herramientas mecánicas y digitales, pero también debe tenerse en cuenta la mejora continua de la eficiencia, la estandarización de los productos, la modularización y la producción en masa. Según Ho et al. (2022), la construcción industrializada debe abordarse de forma sistemática con actividades de investigación y desarrollo técnico para mejorar la productividad, la calidad y los tiempos de ejecución de los proyectos. Las estrategias que tienen en cuenta estos aspectos y abordan los retos de la construcción son la prefabricación y la construcción modular (sistemas de construcción industrializada). Permiten reducir los tiempos de ejecución, los residuos y los impactos ambientales negativos, logrando una construcción de viviendas masiva y eficiente. Sin embargo, la implementación de estas estrategias se da principalmente en los países desarrollados. Los países que lideran la investigación, el desarrollo y la adopción de estas técnicas son Alemania, Australia, China, Estados Unidos y Japón, entre otros. Sin embargo, también se observa que en algunos de ellos (Australia, Estados Unidos y otros países en desarrollo), la construcción industrializada no es popular y se enfrenta a retos políticos, cuestiones normativas, falta de experiencia práctica con los nuevos sistemas y baja estandarización, por lo que aún quedan retos importantes por superar (C. Rojas-Herrera, 2025).

Para hacer frente a estos retos, muchos países han desarrollado soluciones de construcción industrializada, basadas principalmente en sistemas prefabricados, uno de los más populares en Colombia. Uno de los sistemas existentes con presencia en el mercado mundial es el panel aislante estructural (SIP), fabricado con tableros de virutas orientadas (OSB) y un núcleo de poliestireno expandido (material de aislamiento térmico). Se afirma

que el sistema podría reducir los tiempos de ejecución hasta en un 60 % en comparación con los sistemas convencionales, y tiene una gran versatilidad, durabilidad y garantía (30 años). Este sistema se basa en el principio de la prefabricación de elementos, utiliza materiales tradicionales de aislamiento y revestimiento, y requiere grúas para el montaje in situ. Además, no se han comunicado datos sobre este sistema en lo que respecta al rendimiento energético o la huella de carbono, ni contempla estrategias para reducir o evitar los puentes térmicos creados por la estructura de acero. Este sistema genera la prefabricación de elementos constructivos, al igual que la construcción convencional, pero mejora el rendimiento en la fase de fabricación al ser industrializable (C. Rojas-Herrera, 2025).

2.1.2 Sistemas constructivos tradicionales

En el estudio y análisis de la vivienda en Colombia y América Latina, los sistemas constructivos tradicionales se pueden tomar como un grupo de prácticas edificatorias que han ido evolucionando a lo largo del tiempo a partir de la recolección de conocimiento empírico, la transmisión que se da de generación a generación acerca de saberes técnicos y el uso de manera estratégica de materiales disponibles en el entorno que se posee. Estos sistemas responden a una lógica de adaptación a las problemáticas climáticas, económicas y socioculturales de cada territorio.

Cárdenas y Vélez (2015), en su investigación sobre la vivienda tradicional colombiana, identifican como característica bastante particular de estas técnicas el uso de diferentes materiales del entorno próximo como lo pueden ser la tierra, guadua,

madera, piedra y cal, lo cual nos brinda una opción diferente en lo que conlleva a soluciones habitacionales de bajo costo con un alto grado de aceptación territorial. Complementando esta perspectiva, García y Ruiz (2018) destacan que la mampostería confinada y no confinada (véase figura 2), ampliamente implementada en programas de vivienda de interés social, es uno de los sistemas tradicionales que más se pueden observar en la región, ya que este sistema combina accesibilidad constructiva con conformidad normativa, lo que garantiza su continuidad en contextos urbanos y una facilidad para su realización.

Desde una aproximación más integral, Camacho et al. (2016) argumentan que los sistemas tradicionales en Latinoamérica poseen un valor agregado en términos de sostenibilidad y permanencia, dado que su transmisión intergeneracional ha propiciado la conservación de soluciones constructivas que minimizan el impacto ambiental mediante el uso de recursos renovables y de reducida huella de carbono. Específicamente, el bahareque y la construcción con guadua han sido reconocidos por Carvajal (2020) como técnicas tradicionales emblemáticas del panorama constructivo colombiano. Estas tecnologías no solo facilitan la producción de viviendas económicas y de rápida ejecución, sino que además exhiben un desempeño sísmico favorable cuando se implementan conforme a normativas técnicas actualizadas.

También, Ramírez y Torres (2012) comenta que al examinar el sistema de concreto vaciado in situ en vivienda popular nos dicen que esta técnica, si bien de incorporación más reciente en comparación con el bahareque o la guadua, ha tomado una gran importancia y relevancia como un método tradicional en contextos urbanos. Su reiterado uso obedece a

factores como la simplicidad del proceso constructivo, el requerimiento de mano de obra no especializada y la disponibilidad de materiales, tomando una posición significativa como una solución intermedia entre las prácticas artesanales y los procesos semi industrializados.

Figura 2

Sistema constructivo tradicional



Nota. Se observa cómo se compone de manera general un sistema constructivo tradicional a partir de mampostería confinada (Monte rivera, 2025)

2.2 Clasificación de los sistemas

Establecer una diferencia de los diferentes métodos constructivos conlleva un instrumento esencial para el análisis de la transformación y las características representativas de las metodologías empleadas en la construcción de vivienda de carácter social. De una manera amplia, las fuentes académicas especializadas identifican dos categorías principales: los métodos constructivos convencionales o tradicionales y los métodos constructivos de producción industrial. Esta distinción obedece tanto a factores de naturaleza histórica que se viene aplicando desde hace décadas, como a grados de tecnificación, aplicación de materiales constructivos, dinámicas productivas y marcos normativos vigentes en diversos entornos en donde son aplicados estos métodos (García-Alvarado et al., 2015; Lessing, 2012).

2.2.1 *Clasificación de los sistemas convencionales o tradicionales*

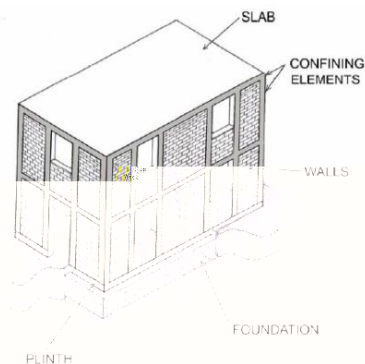
2.2.1.1. Mampostería confinada y no confinada. La construcción de mampostería confinada consiste en muros de mampostería y elementos de confinamiento horizontales y verticales de concreto armado contruidos en los cuatro lados de un panel de muro de mampostería. Los elementos verticales, llamados columnas de unión, se asemejan a las columnas en la construcción de marcos de concreto armado, con la excepción que suelen tener dimensiones transversales mucho menores. Lo más importante es que estos elementos de concreto reforzado se construyen después de haber completado el muro de mampostería. Los elementos horizontales, denominados vigas de unión, se asemejan a las vigas de las construcciones con estructura de concreto reforzado, pero no están diseñados para

funcionar como vigas normales, ya que los muros de mampostería confinada son portantes. A veces se utilizan términos alternativos, como tirantes horizontales y tirantes verticales, en lugar de vigas de unión y columnas de unión (Mas, 2011).

Este sistema está compuesto por un conjunto de componentes que se pueden resumir de manera general en los siguientes, primeramente se tiene la cimentación que es la encargada de transferir las cargas al suelo por medio de los muros, posteriormente los muros sólidos seguidos de los elementos confinantes horizontales y verticales (Vigas de cimentación, vigas de amarre y columnas de amarre), estos elementos deben estar cuidadosamente unidos entre ellos, también se adjuntan los muros de mampostería que son los elementos mas importantes en las estructuras de mampostería confinada ya que estos elementos transmiten todas las fuerzas verticales y horizontales al suelo. Finalmente se tiene la losa que es la encargada de transferir las cargas sísmicas a todos los muros (véase figura3) (Schacher y Hart, 2015).

Figura 3

Estructura con mampostería confinada

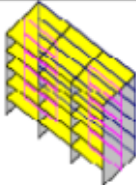
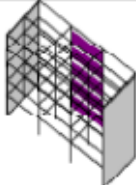
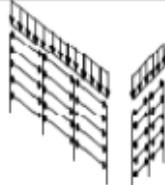
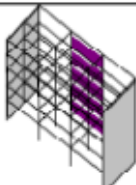
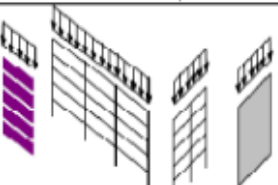
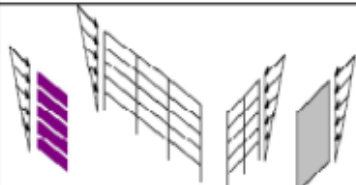
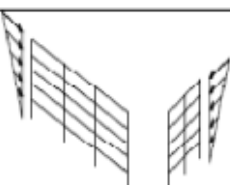
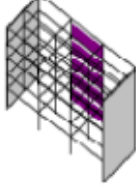
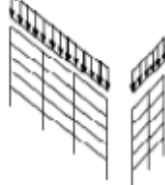


Nota. se observan los elementos que agrupa la mampostería confinada (Mas, 2011).

2.2.1.2. Sistema de pórticos. El sistema de pórticos está conformado por un grupo de vigas y columnas enlazadas de manera rígida en una forma reticular, con la función de transferir las acciones verticales y horizontales hacia la cimentación (véase figura 4). Estos pórticos de concreto, por lo general, no incorporan arriostramientos lo que quiere decir que las uniones entre vigas y columnas (nudos del sistema) son las encargadas de conducir las fuerzas a través de todos los elementos estructurales hacia la cimentación, incluyendo las cargas gravitacionales como las fuerzas laterales producidas por sismo y viento (Marlon, 2020)

Desde la entrada en vigor del código colombiano de construcciones sismo resistentes, las estructuras deben disponer de vigas en ambas direcciones, aunque es frecuente hallar edificaciones anteriores a 1985 compuestas por pórticos de concreto que solo incorporan vigas en una dirección (Marlon, 2020).

Figura 4*Sistemas estructurales. NSR-10.*

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA			
SISTEMA		CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA			
COMBINADO			
			
PORTICO			
DUAL			

Nota: Se observan los diferentes sistemas estructurales según la NSR-10 (NSR-10)

2.2.1.3. Sistema dual. Este sistema estructural consiste en un pórtico espacial resistente a momentos, sin diagonales, que se complementa con unos muros estructurales o pórticos con diagonales. De acuerdo con la NSR-10, la clasificación como sistema dual depende de cumplimientos de ciertas condiciones explícitas.

- a) El pórtico espacial resistente a momentos, sin diagonales, especialmente completo, debe ser capaz de soportar cargas verticales
- b) Las fuerzas horizontales son resistidas por la combinación de muros estructurales o pórticos con diagonales, con el pórtico resistente a momentos. El pórtico resistente a momentos, actuando independientemente, debe diseñarse para que sea capaz de resistir como mínimo el 25% del cortante sísmico en la base.
- c) Los dos sistemas vinculados, deben diseñarse de tal manera que en conjunto sean capaces de resistir la totalidad del cortante sísmico en la base, en proporción a sus rigideces relativas, considerando la interacción del sistema dual en todos los niveles de la edificación, pero en ningún caso es responsabilidad de los muros estructurales, o de los pórticos con diagonales, pueden ser menor del 75% del cortante sísmico en la base.

2.2.1.4. Sistemas combinados. De acuerdo con la NSR-10, un sistema estructural combinado cumple con las siguientes propiedades.

- a) Las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales
- b) Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual.

2.2.2 Clasificación de los sistemas constructivos industrializados

2.2.2.1. Paneles prefabricados de hormigón. Se conoce por panel prefabricado de hormigón a un elemento-lámina, o losa de hormigón, más o menos armado, prefabricado (véase figura 5), que posee algunas características como resistencia a esfuerzos verticales, arriostramiento de edificaciones, división con el exterior y división con interiores, además en este tipo de sistema se pueden encontrar ventajas reflejadas en características tales como la terminación de sus parámetros, de tal forma que solo precisan la incorporación en obra de los materiales de acabado (pavimentos, pinturas, papeles, etc.), los elementos de fachada suelen salir de fábrica ya con su terminación definitiva, aislamiento térmico (en caso de ser necesario) y además se incorporan todo lo que tiene que ver con instalaciones secas (Del Águila García, 1996).

Figura 5

Panel prefabricado de hormigón



Nota. Se observa paneles de hormigón prefabricados utilizados para exterior de obra (Prefagal. (s. f.). Paneles prefabricados de hormigón).

2.2.2.2. Sistema indagsa. El Sistema Constructivo INDAGSA se basa en la producción en taller, de forma racionalizada y con sistemas industriales, de paneles de hormigón armado y pretensado. El Sistema Constructivo INDAGSA está enmarcado dentro del grupo de paneles de hormigón armado previstos para trasdosar. Estos elementos, una vez montados en obra, constituirán la estructura y el cerramiento de todo edificio (véase figura 6). Los elementos que constituyen el Sistema INDAGSA, se agrupan en seis clases fundamentales, y de tal forma que el conjunto de estas seis clases, utilizadas simultáneamente en la realización de un edificio, definen el Sistema INDAGSA como un sistema de prefabricación completo. Por otra parte, cada una de las clases de elementos del Sistema INDAGSA está concebida individualmente para poder combinarse con sistemas constructivos tradicionales prefabricados; consiguiendo, de esta forma, un sistema abierto (Del Águila García, 1996).

Como características generales de este sistema constructivo, podemos encontrar primeramente que la producción en taller permite tener un control de calidad propio de la industria, garantizando las calidades últimas del producto terminado, además, se trata de un sistema abierto, que combina perfectamente con otras soluciones constructivas. Este sistema es de junta seca, lo que significa que las uniones entre paneles se realizan con anclajes soldados lo que confiere rigidez instantánea al edificio y proporciona una gran velocidad de montaje y ejecución de obra, y debido a su técnica de sellado de juntas, así como un perfecto tratamiento de los puentes térmicos y una ventilación adecuada de las cámaras garantiza la vivienda frente a humedades de origen externo y condensación. Cabe resaltar también que al no existir modulaciones preestablecidas se tiene libertad de diseño, pudiendo adaptarse este sistema a cualquier edificio, aun estando proyectado con

soluciones tradicionales, la estructura que trabaja este sistema es totalmente plana, tanto en su concepto de techos y paredes (Del Águila García, 1996).

Figura 6

Sistema INDAGSA

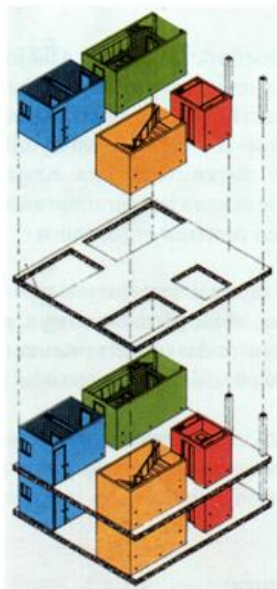
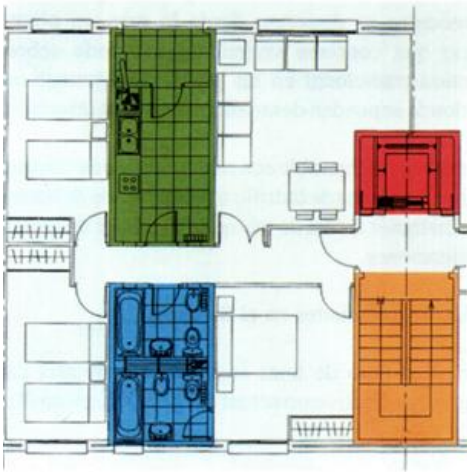


Nota. Se observa edificio construido a partir del sistema INDAGSA, en la ciudad de Madrid (Del Águila García, 1996).

2.2.2.3. Concepto de modulo tridimensional. Los módulos tridimensionales son componentes constructivos especiales de grandes dimensiones, que salen de fábrica totalmente acabados y equipados. De lo que se trata en esta tecnología no es sólo de industrializar la obra gruesa, sino también de la incorporación de instalaciones, carpinterías y acabados, así como las divisiones interiores y las superficies externas, dando lugar a verdaderos "contenedores", que quedarán "perdidos" cuando se coloquen en obra. Con ello obtenemos un producto totalmente terminado y listo para su utilización en cualquier

momento, fruto de un tratamiento científico del proceso productivo y de un elevado grado de mecanización. Los sistemas con módulos tridimensionales permiten, como ningún otro procedimiento constructivo, acortar el tiempo de construcción, coordinando ejemplarmente las tareas del tajo, con las de fabricación (Del Águila García, 1996).

2.2.2.4. Sistema “SET HOME”. El sistema SET HOME de construcción de viviendas, es un procedimiento que permite la industrialización de ciertos elementos del edificio, precisamente aquellos que constituyen la parte esencial del mismo la estructura e instalaciones. Se basa en la utilización de unos módulos tridimensionales contruidos en hormigón armado que constituyen los recintos de cocina, baños, escalera y ascensor (véase figura 7), y que, colocados en cada planta del edificio, sirven de elementos de estructura vertical para soportar los forjados de piso de la planta superior. Al mismo tiempo, dichos módulos contienen todas las instalaciones de las viviendas, tanto las interiores como las exteriores a los propios módulos, permitiendo, con ello, la normalización e industrialización de estas (Del Águila García, 1996).

Figura 7*Sistema “SET HOME”*

Nota. Se observa la distribución de los módulos en edificio de viviendas utilizando el sistema “SET HOME” (Del Águila García, 1996).

Dotar al edificio de unas instalaciones de alta calidad constituye el objetivo principal del procedimiento en este sistema (véase figura 8), para ello el sistema de construcción se basa en tres criterios. Primeramente, adaptar el diseño de las fábricas a las

instalaciones que contienen tanto en los recintos que conforman la vivienda, como en paredes, esto ayuda a obtener un montaje más sencillo y una posterior utilización ergonómica. Además, se debe seleccionar los materiales que se utilizarán en las instalaciones, para poder realizar una entrega ya finalizada la vivienda con sus respectivos certificados de calidad. Finalmente, se debe industrializar los componentes y conjuntos de los mismos, así como su montaje en la vivienda, permitiendo con esto una gran precisión en las tareas llegando a obtener una mejor optimización y una gran calidad en el producto final (Del Águila García, 1996).

Figura 8

Sistema “SET HOME” en construcción



Nota. Se observa la construcción de unidades residenciales mediante el sistema “SET HOME” (Del Águila García, 1996).

2.2.2.5. Sistema transloko. Es un sistema francés de construcción con módulos tridimensionales ligeros, realizados totalmente en fábrica. Desde allí se trasladan a cada obra, en donde, a través de unas operaciones muy sencillas de montaje y de conexión de

instalaciones, se colocan en su posición definitiva (véase figura 9), (Del Águila García, 1996).

Figura 9

Sistema transloko



Nota. Se observa la construcción de unidad de oficinas a partir del sistema transloko (Del Águila García, 1996).

2.3 Normas técnicas aplicables en Colombia

A raíz de diferentes eventos sismológicos ocurridos en el país, se han establecido normas técnicas a los diferentes sistemas constructivos, con el fin de garantizar la seguridad de las estructuras, la calidad de los materiales y la sostenibilidad de las edificaciones sobre todo en proyectos de vivienda de interés social (VIS).

El marco regulatorio principal está constituido por la norma colombiana de construcción sismo resistente (NSR-10), expedida por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, juntos con las normas técnicas colombianas (NTC) elaboradas por Icontec, esto para los sistemas constructivos convencionales, ya hablando de los sistemas constructivos industrializados contempla unos lineamientos adicionales que podemos encontrar en la resolución 0549 de 2015, que promueve la certificación técnica de sistemas no convencionales e innovadores en la construcción de vivienda.

A continuación, en la tabla 2, se presenta una división temática del reglamento NSR-10, definiendo si es aplicable o no a la vivienda de interés social.

Tabla 2*División temática del reglamento NSR-10*

TITULO	DEFINICION	ALCANCE	APLICABLE A LA V.I.S
A	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente.	Establece las condiciones de diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia y que deben someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en las normas colombianas sobre sismo resistencia.	Sí
B	Cargas.	Establece los requisitos mínimos que debe cumplir una edificación en lo que respecta a las cargas y fuerzas diferentes a las impuestas por el sismo.	Sí
C	Concreto estructural.	Establece los requisitos mínimos que se deben cumplir en el diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado y concreto pre esforzado.	Sí
D	Mampostería estructural.	Establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para mampostería estructural dentro de la cual se cubren los siguientes tipos de mampostería: Mampostería de cavidad reforzada Muros de mampostería reforzada. Muros en mampostería parcialmente reforzada. Muros en mampostería no reforzada.	La geometría
E	Casas de uno y dos pisos.	En este título se establecen los requisitos mínimos que se deben seguir en el diseño y construcción de las viviendas de uno y dos pisos, realizadas en muros de mampostería y bahareque encementado, que formen parte de programas de máximo 15 viviendas o menos de 3000 m ² de área construida.	Sí
F	Estructuras metálicas.	Establece los requisitos que se deben aplicar al diseño de estructuras conformadas por elementos de acero o de aluminio, soldados, atornillados o remachados, y cuya calidad deba certificarse.	No

G	Edificaciones de madera.	Requisitos que deben cumplir las edificaciones construidas con madera. Una edificación de madera diseñada y construida de acuerdo con los requisitos de este Título, tendrá un nivel de seguridad comparable a las edificaciones de otros materiales que cumplan requerimientos del reglamento sobre sismo resistencia.	Solo en casos de bahareque encementado.
H	Estudios geotécnicos.	Establece los criterios básicos para la elaboración de los estudios geotécnicos que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis de la información y las recomendaciones para el diseño y la construcción de excavaciones, estructuras de contención y cimentaciones de las edificaciones. Así mismo se dan recomendaciones respecto a la vegetación en las zonas aledañas a la edificación	Solo en caso de no estar entre los alcances del título E.
I	Supervisión técnica.	Se fija el alcance mínimo que debe tener la supervisión técnica y los controles mínimos que deben llevarse a cabo como parte de las labores de supervisión técnica.	Sí
J	Requisitos de protección contra el fuego en edificaciones.	Presenta los requisitos mínimos de protección contra el fuego de edificaciones y las especificaciones mínimas que deben cumplir los materiales utilizados con el propósito de proteger contra el fuego los elementos estructurales, los acabados y las vías de evacuación.	No
K	Requisitos complementarios.	Define los parámetros y especificaciones arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las distintas edificaciones cubiertas por el alcance del reglamento sobre sismo resistencia.	No
Modificaciones	Decreto 34 de 1999	Por medio del cual se modifican algunas disposiciones del decreto 33 de 1998. Vigente hasta el 31 de diciembre de 2010	Si

Decreto 2809 de 2000	Por el cual se modifican parcialmente los Decretos 33 de 1998 y 34 de 1999, en lo que se refiere a los alcances del Título A, se adicionan nuevas disposiciones en cuanto a el reforzamiento y rehabilitación sísmica, los análisis de vulnerabilidad y la reparación de edificaciones con posterioridad a la ocurrencia de un sismo. Así mismo amplía los alcances del Título para edificaciones construidas antes de la vigencia del reglamento sobre sismo resistencia.	No
Decreto 926 de 2010	Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10	Sí
Decreto 2525 de 2010	Por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010 y se dictan otras disposiciones	Sí

Nota. Tomado de (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011).

Ahora, para los sistemas industrializados los rige la resolución 0549 de 2015, la cual tiene como objeto regular el reconocimiento técnico y la certificación de sistemas constructivos industrializados o no convencionales, con el fin de garantizar que cumplan los requisitos de seguridad estructural, habitabilidad, durabilidad y calidad que se establecieron en la norma colombiana de construcción sismo resistente (NSR-10) y la otras demás normas aplicables (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

En esta resolución se considera como no tradicional aquel sistema constructivo que no esta indicado en la NSR-10 o que incorpora tecnologías que son innovadoras, materiales prefabricados, modulares o procesos industrializados que sean diferentes a los sistemas convencionales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Su evaluación técnica exige a que cualquier sistema constructivo que no sea tradicional sea evaluado por una entidad evaluadora técnica y que esta sea acreditada por el ONAC (Organismo nacional de acreditación de Colombia), encargada de revisar aspectos estructurales, de comportamiento térmico, acústico, durabilidad, resistencia al fuego y sostenibilidad. Posteriormente si el sistema cumple con todos los requisitos se emite un CET (certificado de evaluación técnica), documentos indispensables para los proyectos de construcción en el país sobre todo para los proyectos de vivienda de interés social (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Capítulo 3. Análisis Bibliométricos de los sistemas industrializados en las edificaciones

3.1 Análisis bibliométrico

Como criterio de inclusión de las investigaciones a trabajar, se utilizó la base de datos Scopus que se encuentra habilitada en la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander – Ocala, digitalizando la secuencia textual como búsqueda “industrialized constrution system”, donde a partir de la búsqueda de estudios comparativos nacionales o internacionales sobre el tema tratado, se obtuvo diversos tipos de documentos como, revistas, capítulos de libros, artículos de información e investigaciones académicas, he aquí las más relevantes, teniendo en cuenta su año de publicación el cual los documentos tenían que ser del 2015 en adelante y la confiabilidad de la fuente. En el marco del análisis investigativo, se obtuvo un total de 1333 contribuciones científicas, donde hubo una mayor contribución en artículos de investigación, además de diversos tipos de documentos tales como ponencias de conferencia, revistas, capítulos de libros, revisiones, libros y otros más, así como se muestra en la siguiente figura.

Figura 10

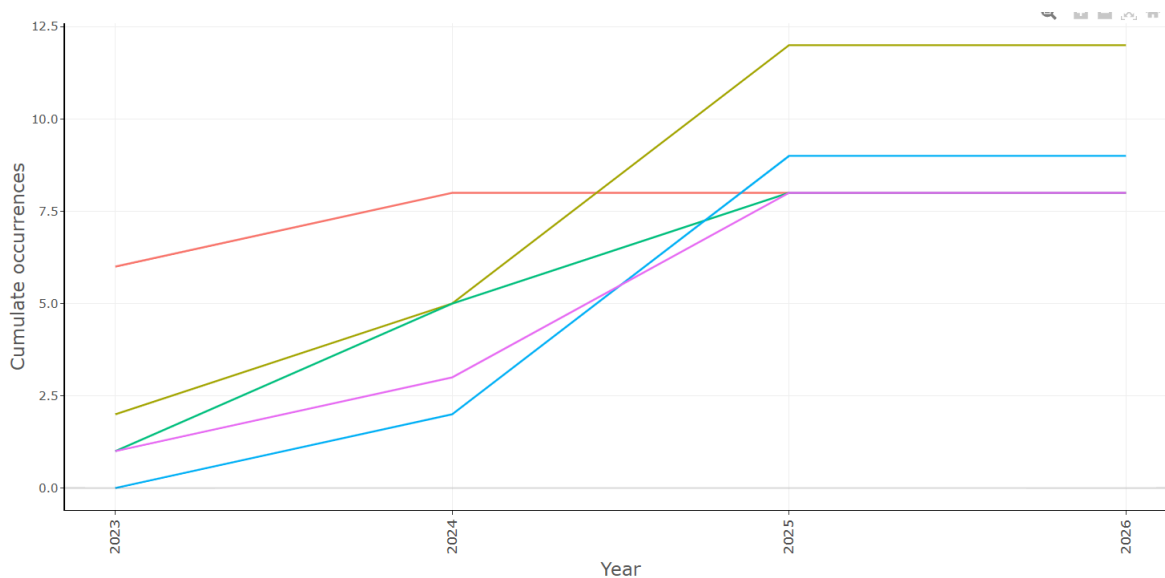
Tipos de documentos científicos

☐ Artículo	744
☐ Ponencia de conferencia	428
☐ Revisar	64
☐ Capítulo de libro	62
☐ Reseña de la conferencia	18
☐ Libro	11
☐ Editorial	2
☐ Retraído	1
☐ Informe	1
☐ Nota	1
☐ Documento de datos	1

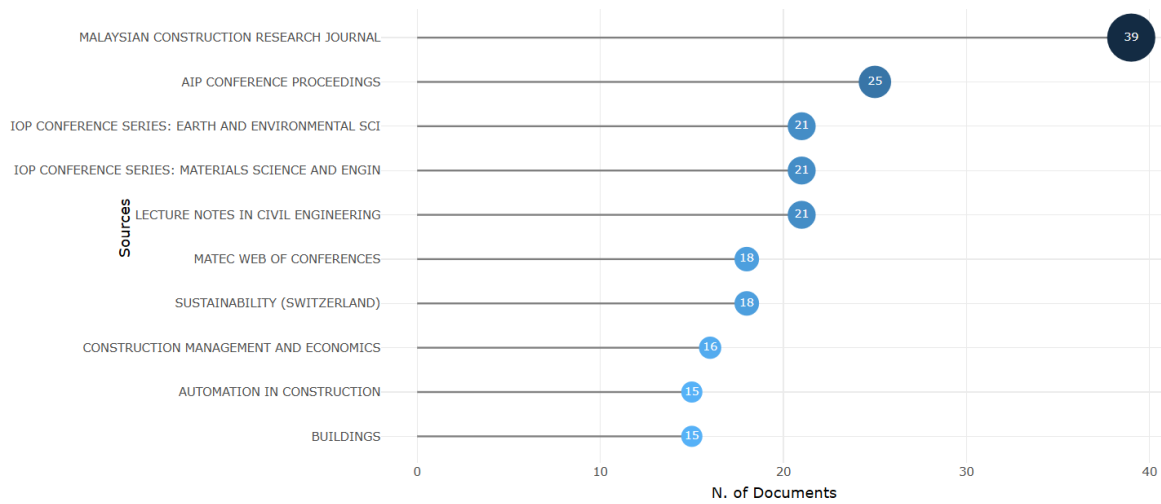
Nota. Obtenido de Scopus 2025

Después de realizar un análisis detallado de los artículos seleccionados, se logra apreciar que a partir del año 2023 se ha presentado un aumento significativo en el número de investigaciones acerca del tema. Este patrón se evidencia de forma clara (Véase figura 11), donde desde este año se incrementa el índice de producciones hasta la actualidad.

Durante los últimos años este tema se ha abordado con mayor seriedad, lo que lleva a que la información en su gran mayoría se encuentra actualizada, lo cual proporciona fundamentos sólidos para realizar un análisis con la suficiente claridad. Estos datos publicados por diversas fuentes, brinda acceso a diferentes perspectivas, entre ellas las que se mencionan en las revistas “Malaysian Construction Research Journal”, quienes lideran la cantidad de aportes científicos.

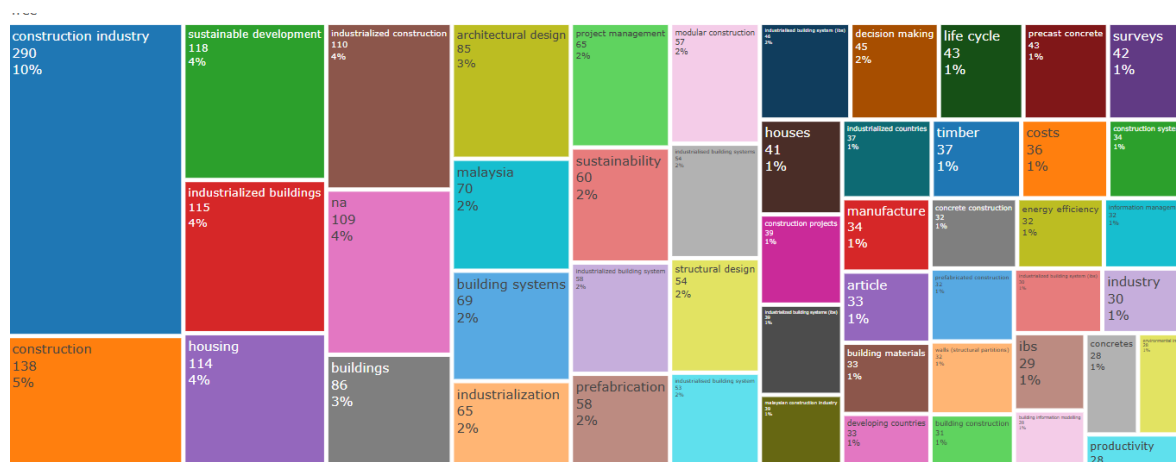
Figura 11*Incremento de la cantidad de fuentes por año**Nota.* Obtenido de bibliometrix 2025

Ahora, se expone un gráfico en el cual se observan las fuentes más relevantes del estudio, como se mencionó anteriormente, la fuente más destacada es “Malaysian Construction Research Journal”, siendo los máximos exponentes, por lo que deberían ser priorizados por investigadores ya que cuentan un numero relevante de artículos y revistas sobre investigaciones en el tema, y así poder maximizar la difusión de sus trabajos en estas áreas.

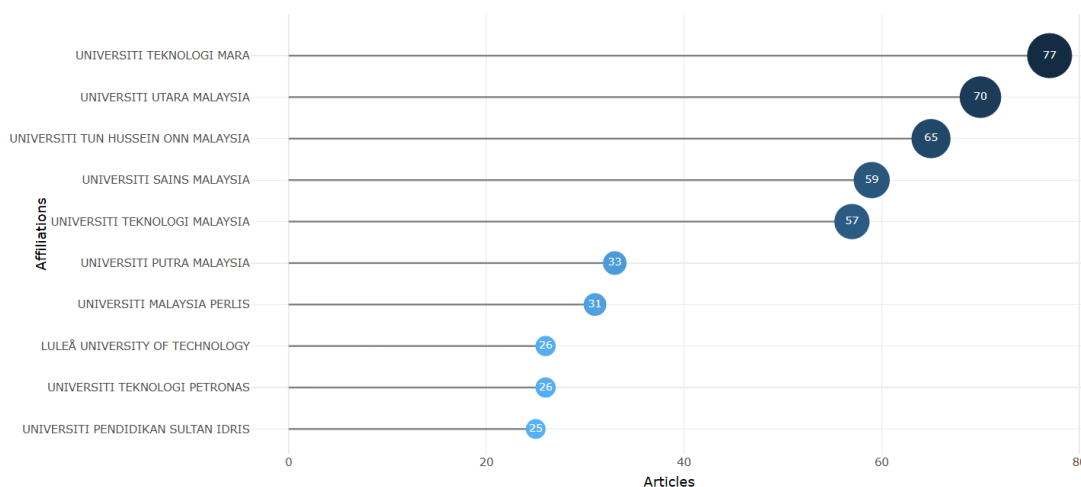
Figura 12*Fuentes más relevantes sobre el tema**Nota.* Obtenido de bibliometrix 2025

En esta búsqueda, teniendo en cuenta la base de datos de Scopus y una vez realizado el análisis bibliométrico, se obtuvo una determinada serie de palabras que se destacan debido a su importancia en el tema central de cada investigación. En base a esto, se seleccionaron ciertas palabras claves que pueden brindar un concepto inicial acerca del tema.

Estos términos mencionados corresponden, por ejemplo, a “construction industry”, “industrialized buildings”, “sustainable development”, “building systems”, “architectural desing”, los que indica que estas investigaciones se están enfocando a una construcción industrializada, sostenible y eficiente. En la figura 13 se pueden observar con un mayor detalle cuales son estas palabras relevantes.

Figura 14*Frecuencia de palabras clave**Nota.* Obtenido de bibliometrix 2025

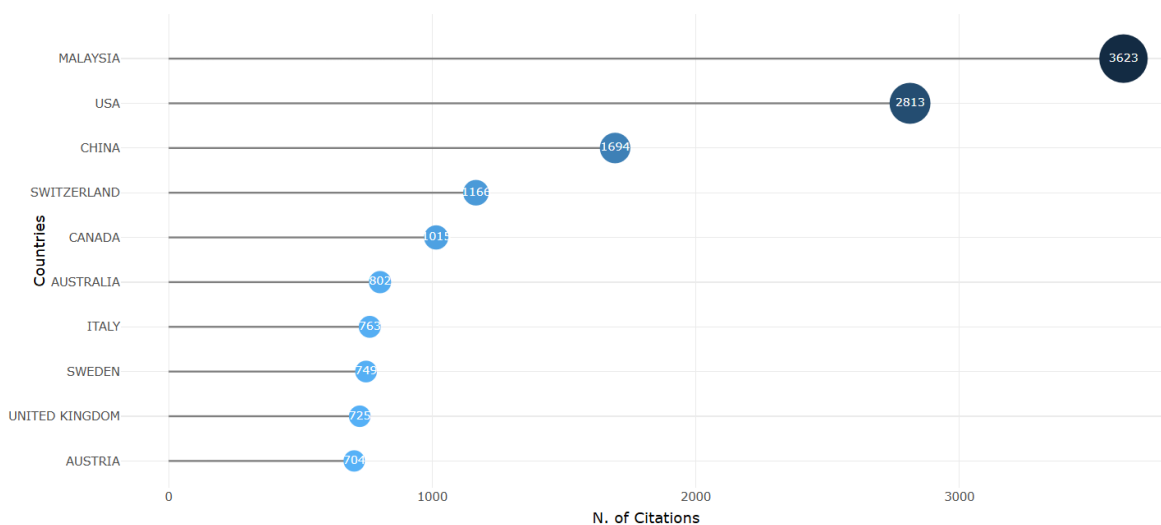
La figura 15 muestra las 10 principales afiliaciones que han contribuido a esta investigación, se puede evidenciar la cantidad de aportes científicos de ciertas universidades tales como “Universiti teknologe mara”, “universiti utara malaysia” y “universiti tun Hussein onn malaysia” siendo las principales, ofreciendo además un indicio acerca de los objetivos principales de sus investigaciones. Por esto, su elevada producción en cuanto a artículos que proponen enfoques innovadores en la industrialización dando una hoja de ruta la cual seguir para su ejecución.

Figura 15*Instituciones más relevantes*

Nota. Obtenido de bibliometrix 2025

Al realizar un análisis acerca de los países que han venido investigando en este campo, se observa una considerable diferencia entre los mismos, siendo el más destacado Malasia, lo cual indica su puesta en marcha en cuanto a investigaciones innovadores y su gran colaboración internacional. Por este motivo, países que se encuentran en un nivel investigativo menor y que deseen profundizar en el área, pueden enfocar sus investigaciones colaborativas con estas, para así tener un desarrollo científico y económico.

Malasia ha tenido gran influencia en estas investigaciones (véase figura 16), sobresaliendo a nivel mundial como país desarrollador de sistemas industrializados, cuenta con una cantidad de 3623 citaciones, tomando ventaja sobre los demás países como Estados Unidos, que cuenta con 2813 citaciones, China con 1694 citaciones y Suiza con 1666 citaciones.

Figura 16*Citaciones por país*

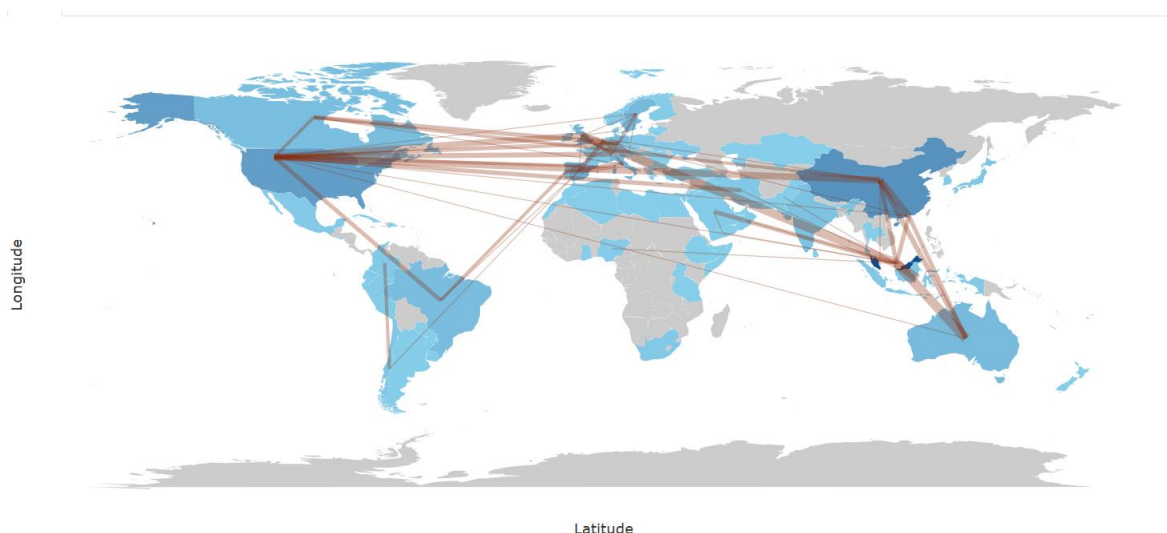
Nota. Obtenido de bibliometrix 2025

Por otra parte, en la figura 17 se presenta el mapa de las colaboraciones entre los países a nivel mundial, un recurso influente en el que se expone los vínculos de la academia a nivel mundial, las conexiones que se logran observar resaltan la diversidad de las asociaciones, lo que deja ver un interés común por la investigación y una manera de abarcar diferentes puntos de vista con mayor profundidad.

Este diagnóstico contribuye a que se puedan observar cómo están conformadas estas alianzas científicas entre los países más desarrollados y como países poco desarrollados no cuentan con las herramientas para poder abarcar estos temas de una manera más amplia.

Figura 17

Alianzas científicas entre países

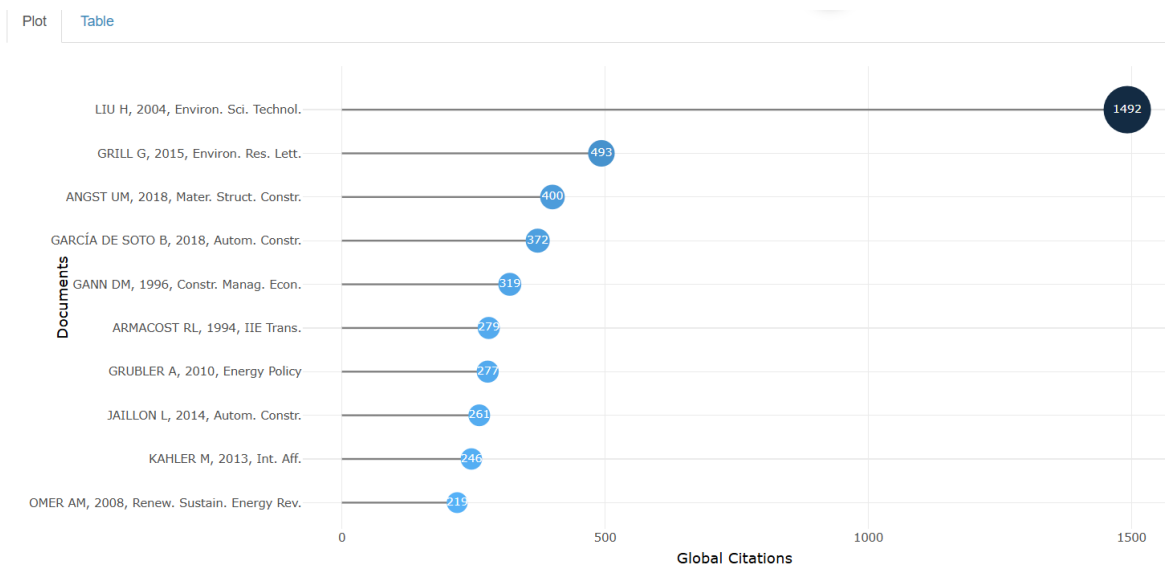


Nota. Obtenido de bibliometrix 2025

En la figura 18, después de desarrollar el análisis bibliométrico, se presenta un gráfico acerca de los documentos más citados a nivel mundial. A partir de los datos arrojados se tiene que el impacto está enfocado en unos pocos representantes como como se evidencia específicamente en 3 artículos con más de 300 citas y en uno con 1492 citas a la actualidad, por lo que se puede intuir que brindan una buena información y, por lo tanto, son títulos confiables para tomar como umbral en futuras investigaciones, aumentando la visibilidad de nuevos sistemas ofreciendo información a los investigadores de con quien colaborar y donde publicar.

Figura 18

Documentos más citados



Nota. Obtenido de bibliometrix 2025

3.1 Estudios comparativos nacionales e internacionales.

3.1.1 Evaluación de costos y tiempos del sistema constructivos industrializado de muros.

Investigación académica donde se analiza dos casos de viviendas de interés social (VIS) en Colombia, ambos usándose el sistema industrializado de muros de concreto, pero con diferente tipo de encofrado. Uno utiliza manoportable, (más modular, pequeños paneles como se observa en la figura 19) y túnel (paneles grandes que deben manipularse con grúa).

Figura 19

Formaleta tipo manoportable



Nota. Se observa el uso de la formaleta tipo manoportable (Mendoza-Mendoza y García-Pérez, 2022)

Esta investigación arrojo que el sistema manoportable resulto mas eficiente tanto técnica como económicamente, permitiendo manipulación manual, mayor adaptabilidad y menos requerimientos de equipos, además el caso del sistema manoportable tuvo costos y tiempos consistentemente más bajos por metro cuadrado y por unidad habitacional, con una

menor desviación respecto al plan y mayor regularidad de avance. También se obtuvo que el encofrado tipo túnel fue más adecuado para obras de mayor altura, pero implicó más equipo y menos flexibilidad.

Como conclusión mayor de la investigación se tiene que el sistema industrializado especialmente con encofrado manoportable, representa una mejor alternativa VIS en términos de productividad, costo, adaptabilidad y facilidad de montaje, en comparación con el sistema túnel como con métodos tradicionales.

3.1.2 Análisis y comparación de sistemas constructivos contemporáneos como block fast y panel w vs clásicos mampostería

Artículo de revista en donde se comparan costos, tiempos, materiales, mano de obra y sostenibilidad de sistemas innovadores en seco (Block fast y panel w) frente a la mampostería tradicional, en la construcción de una vivienda de interés social.

Nos indica como resultados una importante reducción de recursos, ya que el block fast y panel w reducen 8.7% el gasto global frente al sistema tradicional, además de una reducción significativa de los recursos usados, como concreto (81.2%), acero (74.6%), mano de obra (79.3%), tiempo de ejecución (57.1% menos que sistemas tradicionales), mostrando una mayor sostenibilidad y un menor impacto ambiental, logrando concluir que los sistemas modernos no solo ahorran en coste y tiempo, sino que favorecen construcciones sostenibles, adecuadas para contextos de emergencia o de vivienda de interés social por su rapidez y eficiencia.

3.1.3 Análisis comparativo de sistemas constructivos industrializados: Forsa y Uni-Span.

Investigación académica donde se evaluaron desde diferentes puntos de vista como técnico, funcional y económico los sistemas industrializados de formaleta manoportable Forsa (aluminio), véase figura 20 y Uni-Span (acero), véase figura 21, en proyectos de vivienda repetitiva.

Figura 20

Formaleta manoportable Forsa



Nota. Se observa composición del sistema de formaletas manoportables Forsa (Luquetta Chedraui, 2006).

Como resultados de esta investigación se obtuvo que ambos sistemas de formaleta permiten acelerar la ejecución, reducen costos, mejoran acabados y permiten alta repetitividad, además que no se requiere una mano de obra especializada por lo que se reducen costos laborales.

3.1.4 Análisis comparativo de viabilidad productiva y financiera entre el sistema constructivo industrializado vs sistema modular Off site

Es un estudio que compara al sistema tradicional industrializado tipo outonord con el sistema modular prefabricado off site en proyectos de vivienda de interés social.

Los resultados de este estudio indican que el sistema off site reduce notablemente tiempos por la producción paralela en planta y cimentación en sitio, reduciendo el desperdicio de material, además mejor la calidad y control del proceso, además se aprecia beneficios significativos en mano de obra y materiales, pero implica una mayor inversión inicial y mayor necesidad de planeación logística. Este sistema es una opción innovadora que introduce eficiencias de tiempo y sostenibilidad, pero su mayor rentabilidad se observa especialmente cuando hay economías de escala y una buena logística en el proyecto. Este análisis comparativo lo podemos observar en la tabla 3, donde se presentan sus principales ventajas y desventajas de una forma más clara.

Tabla 3*Sistemas comparados*

Sistemas comparados	Principales ventajas	Principales desventajas	Resultados clave	Fuente
Manoportable vs túnel (VIS, concreto)	Menor costo y tiempo, versátil	Túnel requiere mas equipo	Manoportable superior	(Mendoza-Mendoza y García-Pérez, 2022)
Sistema en seco vs mampostería	Grandes ahorros en recursos, sostenibles	Información limitada al mercado	Modernos superiores	(Mantilla Antoline et al., 2021)
Manoportable aluminio vs acero	Rapidez, menor costo, flexible	Ventilación, acústica	Ambos superiores a tradicional	(Luquetta Chedraui, 2006)
Industrializado local vs modular Off Site	Menor desperdicio, mejor control	Mayor inversión inicial	Ambos competitivos	(Rodríguez, 2023)

3.2 Casos documentados en Colombia.

3.2.1 Caso 1: Evaluación del sistema constructivo modular en viviendas VIS – Proyecto Ciudadela Foresta, Tocancipá, Cundinamarca.

Proyecto de vivienda de interés social construido en Tocancipá, Cundinamarca, llamado Ciudadela Foresta llegando a ser un macroproyecto con 12 manzanas y más de 3900 apartamentos, cinco manzanas con sistema tradicional y otras con sistema modular.

Como datos generales del proyecto se observa que el sistema modular redujo sustancialmente actividades manuales in situ y tiempo de construcción, aunque presentó una curva de aprendizaje en ensamblaje y coordinación, especialmente en lo que fue la etapa de cimentación, además el rendimiento semanal real mejoro tras llevar a cabo un

doble turno, pero no se alcanzó lo planeado llevando a un retraso aproximado de 4 meses respecto a la fecha tentativa de entrega. También, hubo sobrecostos relacionados con los reprocesos iniciales y ajustes técnicos más que todo en la cimentación, totalizando una suma cercana a los 943 millones COP para la constructora, pero se proyecta que optimizaciones futuras reduzcan estos costos. Además, la calidad técnica y estructural cumplió normativas NSR-10, con un diseño estructural que fue adaptado para asegurar comportamiento monolítico del conjunto modular.

Con este proyecto se confirma la viabilidad técnica y económica del sistema modular para VIS en Colombia, con un balance de considerar entre ahorros por industrialización y los sobrecostos por curva de aprendizaje, es un sistema escalable a proyectos más grandes cumpliendo las exigentes normativas sísmo resistentes y de durabilidad.

3.2.2 Caso 2: Construcción modular para viviendas VIP unifamiliares en Colombia

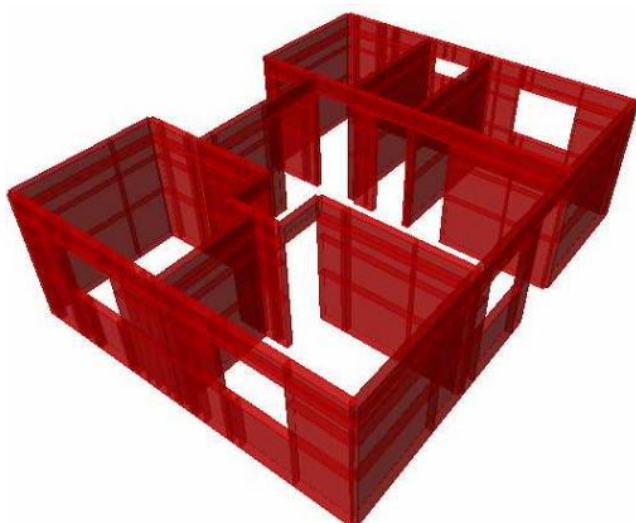
Proyecto realizado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia con colaboración de la empresa Conconcreto, aplicado a casos en diferentes regiones de Colombia.

En este proyecto se realizó el diseño, desarrollo y análisis de la factibilidad técnico-económica del sistema modular prefabricado (Principalmente con concreto compuesto Durapanel) aplicado a viviendas de interés prioritario unifamiliares de un solo piso. Se obtuvo el diseño de módulos con dimensiones estándar adaptadas a normativas colombianas y a características arquitectónicas comunes como lo se observa en la figura 22,

además se apreció una reducción en los tiempos del proceso constructivo de 2 meses con el sistema tradicional a 7 días con el sistema modular para completar la vivienda modular, obteniendo unos costos competitivos en comparación a la construcción tradicional, con el mayor costo asociado a los requerimientos de sismo-resistencia pero compensados con ahorros de tiempo y calidad.

Figura 21

Vivienda VIP con diseño modular



Nota. Se observa el diseño de una vivienda VIP con el sistema industrializado modular (Elorza Santiago, 2015).

Con este proyecto se puede concluir que la construcción modular con Durapanel representa una solución innovadora y viable para viviendas VIP en Colombia, combinando rapidez, calidad estructural y consideración ambiental, además este sistema es adaptable y permite que se le realicen modificaciones arquitectónicas, siendo apto para construcción de forma horizontal y vertical.

3.3 Estudios de costos y tiempos de ejecución

Los sistemas industrializados impactan los costos y el tiempo en sus procesos frente a los sistemas tradicionales, a continuación, se muestra un análisis considerando estudios locales y referencias internacionales aplicables al contexto colombiano para diferencias aspectos significativos respecto a costo y tiempo.

3.3.1 Diseño ambiental y económico de edificaciones residenciales, Colombia (Jorge-Ortiz et al., 2025).

Este estudio demuestra que los costos y los impactos ambientales en las viviendas colombianas tiene un impacto significativo en el uso y materiales, y valida una herramienta local para la realización de una evaluación precisa y contextualizada.

3.3.2 Construcción en hormigón para viviendas de interés social en Colombia (Velasco et al., 2022).

El estudio concluye que la estandarización industrial y la lógica modular ofrecen ventajas que llegan a ser significativas en Colombia, pero se deben intensificar con la capacitación, la flexibilidad regulatoria y el desarrollo de proveedores para su ejecución y poder obtener impactos en tiempo y costos.

3.3.3 Industrialización, eficiencia y vivienda social: prefabricación sostenible (Restrepo Montoya, 2024).

Este estudio prueba que la prefabricación, junto con un diseño bioclimáticos en conjunto con procesos industriales llegan a ser una vía eficaz y sostenible para reducir costos, tiempos y mejorar la calidad de la vivienda social.

3.3.4 Análisis comparativo del costo y tiempo del método de implementación de concreta in situ con prefabricados (Purba, 2020).

Este estudio muestra a el prefabricado superior en eficiencia económica y temporal en comparación con el método tradicional in situ, lo que impulsa los sistemas industrializados como una tendencia importante y clave en la construcción global.

3.3.5 Estudios comparativos entre sistemas estructurales prefabricados y convencionales moldeados in situ, India (Agrawal, Sanghai, y Dabhekar, 2021).

El sistema prefabricado proporciona mejores resultados en cuanto a rapidez, coste, eficiencia estructural y calidad, lo que apoya el cambio de lo convencional hacia estos procesos industrializados en las edificaciones modernas, como se puede observar en la tabla 4 en donde se aprecien sus diferencias respecto a tiempo y costo.

Tabla 4*Análisis de estudios de costo y tiempo de ejecución*

Sistema comparado		Reducción de tiempo	de	Reducción de costo	de	Observaciones	Fuente/Estudio
Modular en Mosquera		No aplica		No aplica		Optimización global	(Jorge-Ortiz et al., 2025)
Prefabricados sociales		10% – 30%		10% – 30%		Mejor calidad y sostenibilidad	(Velasco et al., 2022)
Social prefabricada		No aplica		08% – 18%		Eficiencia térmica	(Restrepo Montoya, 2024).
Puente prefabricado		28%		24%		Caso logístico real	(Purba, 2020)
Edificio 5 pisos (India)		25%		30% mano de obra	de	Seguridad sísmica	(Agrawal, Sanghai, y Dabhekar, 2021)

Capítulo 4. Análisis comparativo entre teorías y practicas constructivas.

4.1 Proyecto A: Sistema industrializado (Mirador de la Ciénaga, Barranquilla Atlántico).

Mirador de la Ciénaga, es un proyecto de la constructora Amarilo ubicado en el municipio de puerto Colombia, al norte de Barranquilla, en un área de expansión urbana importante para el desarrollo de la ciudad, este lugar es CIUDAD MAYORQUIN, un megaproyecto urbanístico el cual se estima se desarrollará sobre unas 50-80 hectáreas y albergará decena de miles de viviendas tanto VIS como no VIS (Véase figura 23-24)

Figura 22

Proyecto Mirador de la Ciénaga



Nota. Se observa la renderización del proyecto Mirador de la Ciénaga utilizado en la etapa de ventas (Amarilo, 2022)

Figura 23

Ubicación proyecto Mirador de la Ciénaga



Nota. Se observa la renderización del proyecto Mirador de la Ciénaga ubicado dentro de una de las zonas de mega expansión urbana de Barranquilla. (Amarilo,2022)

Mirador de la Ciénaga consta de cinco (5) torres de dieciocho (18) pisos cada una, para una cantidad de 792 unidades residenciales, y tres (3) edificios de un piso para servicios comunales y portería. Las unidades de vivienda tienen áreas de cincuenta y seis metros cuadrados (56m²), y son viviendas de interés social, tipo tope vis (un segmento dentro de la categoría VIS).

El desarrollo del proyecto Mirador de la Ciénaga, se llevó a cabo por etapas, organizadas de manera progresiva para garantizar la funcionalidad del conjunto y el cumplimiento de los cronogramas establecidos:

Etapa 1: Contempla la construcción Torres 1, 2 y 3, acompañadas de las obras complementarias como el edificio de portería y una primera fase de la torre de

parqueaderos, con el fin de brindar desde el inicio servicios de acceso, control y estacionamiento a los residentes.

Etapa 2: Se ejecutó posteriormente con la construcción de las Torres 4 y 5, además de la continuación y finalización de la torre de parqueaderos, consolidando así la totalidad del proyecto habitacional y de servicios comunes.

El proyecto se ejecutó en dos fases constructivas, cada una con un cronograma independiente que permitió dar continuidad al desarrollo del conjunto:

Etapa 1: Inició en abril de 2022 con la construcción de las Torres 1, 2 y 3, el edificio de portería y la primera parte de la torre de parqueaderos. Esta fase se desarrolló de acuerdo con la programación establecida y concluyó en septiembre de 2023, entregando a los residentes una parte significativa del proyecto en pleno funcionamiento.

Etapa 2: Dio inicio en mayo de 2024, abarcando la construcción de las Torres 4 y 5 junto con la culminación de la torre de parqueaderos. El proceso constructivo de esta fase finalizó en noviembre de 2024, completando de esta manera la totalidad del conjunto habitacional y de servicios complementarios.

La planificación de fechas permitió asegurar una entrega progresiva de los espacios, garantizando que los usuarios pudieran disfrutar de las primeras unidades mientras avanzaba la ejecución de las etapas posteriores.

Con el inicio de obra en abril del 2022, se llevó a cabo el movimiento de tierras (véase figura 25), para la conformación de las terrazas (véase figura 26), donde se ubicaron las torres, la cimentación para las estructuras se realizó por medio losa de cimentación, la cual se diseñó para distribuir de manera uniforme las cargas estructurales de las edificaciones hacia el terreno.

Figura 24

Movimiento de tierras



Nota. Se observa el movimiento de tierras para la conformación de las terrazas (Amarilo, 2022)

Figura 25 Conformación de terrazas



Nota. Se observa la conformación de las terrazas, para el inicio de la cimentación. (Amarilo, 2022)

Para optimizar el comportamiento del suelo de fundación y mejorar su capacidad portante, se implementó un proceso de mejoramiento del terreno mediante la construcción de columnas de suelo-cemento. Estas columnas se obtuvieron a través de la mezcla in situ de suelo existente con cemento, lo que permitió incrementar la resistencia al corte, reducir la compresibilidad y controlar los asentamientos diferenciales.

De esta manera, la losa de cimentación apoyada sobre columnas de suelo-cemento conforma un sistema de cimentación combinado (véase figura 27) que proporciona un soporte uniforme, mejora las condiciones geotécnicas del terreno y asegura un desempeño adecuado de la estructura en el largo plazo.

Figura 26

Losa de cimentación



Nota. Se observa la losa de cimentación fundida y los arranques o pelos para la instalación de las mallas electrosoldadas de los muros de carga. (Amarilo, 2022)

En el proceso constructivo del sistema industrializado en los apartamentos de cada torre se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Se utilizó un sistema de formaleta en aluminio tipo FORSA, reconocido en el sector de la construcción por su rapidez, precisión y capacidad de ser reutilizado en múltiples ciclos (véase figura 28-29).
- Este sistema industrializado permitió la construcción monolítica de muros y losas en concreto (véase figura 30), garantizando una mayor uniformidad en acabados, reducción de tiempos de obra, optimización de mano de obra y un mejor control de calidad estructural.
- La formaleta es liviana y maniobrable lo que facilita su instalación y retiro sin necesidad de equipos de gran capacidad, además de contribuir a una mayor productividad en obra.

- En cuanto a la construcción de los apartamentos que conforman las torres, se utilizaron formaletas manopropiable en aluminio (Sistema FORSA), cabe resaltar que en el proceso constructivo no se utilizó mampostería, pues todas las divisiones internas de los apartamentos son en muros de carga de 10 centímetros de espesor.

Figura 27

Formaleta en aluminio tipo FORSA - I



Nota. Se observa el encofrado de los muros con formaletas tipo FORSA para el vaciado del concreto. (Amarilo, 2022)

Figura 28

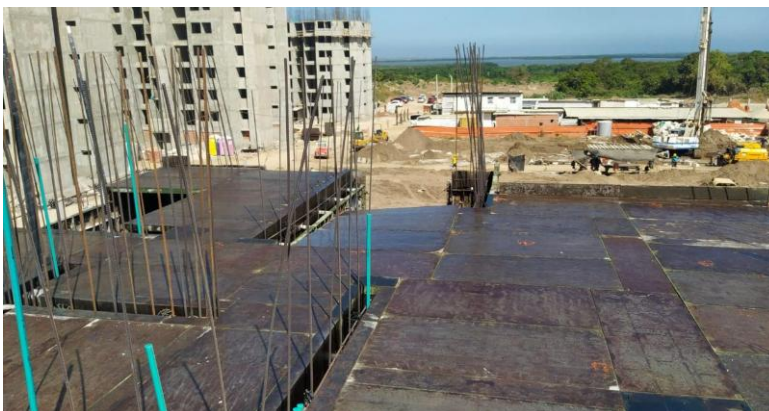
Formaleta para losa



Nota. Se observa el encofrado de los muros con formaletas tipo FORSA para el vaciado del concreto. (Amarilo, 2022)

Figura 29

Formaleta para losa



Nota. Se observa el encofrado de la losa con formaletas tipo FORSA para el vaciado del concreto. (Amarilo, 2022)

Las redes Hidrosanitarias y eléctricas se construyen a la par de la estructura, para el proyecto Mirador de la Ciénaga, se definió un rendimiento de dos apartamentos diarios (en estructura), cabe resaltar que las redes de agua potable y eléctricas se instalan con anterioridad al vaciado del concreto y se ubican negativos para el armado de las arañas sanitarias, ensambladas posterior a la fundida de los apartamentos (Véase figura 31-32-33-34-35)

Figura 30

Redes eléctricas e hidrosanitarias



Nota. Se observa las tuberías de las redes eléctricas y la red contra incendios tipo C-900 antes del vaciado de la cimentación. (Amarilo, 2022)

Figura 31

Redes eléctricas e hidrosanitarias



Nota. Se observa los puntos eléctricos e hidráulicos en uno de los muros antes de ser formateados. (Amarilo, 2022)

Figura 32

Redes eléctricas e hidrosanitarias



Nota. Se observa las tuberías de los desagües de los balcones antes del vaciado de la losa de entrepiso. (Amarilo, 2022)

Figura 33

Redes eléctricas e hidrosanitarias



Nota. Se observa las tuberías de las redes eléctricas antes del vaciado de la losa de entre piso.

(Amarilo, 2022)

Figura 34

Redes eléctricas e hidrosanitarias



Nota. Se observa las tuberías de las redes hidráulicas y puntos sanitarios antes del vaciado de

la losa de entrepiso. (Amarilo, 2022)

Con base en lo anterior tenemos que la obra tuvo un tiempo de ejecución de 31 meses, y un costo estimado por apartamento de 135 smmlv, lo cual equivale a ciento noventa y dos millones ciento setenta y cinco mil doscientos pesos (\$192.175.200), estando este valor dentro del tope de vivienda de interés social (VIS).

Para la gestión responsable de los residuos generados durante la ejecución del proyecto, se implementó un Plan de Manejo Ambiental orientado al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y a la minimización de impactos negativos sobre el entorno.

Dentro de este plan, se establecieron las siguientes acciones principales:

1. Contratación de empresa especializada: Se contrató a la empresa MAR ASEO, entidad autorizada para la recolección, transporte y disposición final de los residuos de construcción y demolición (RCD). Esto garantizó el cumplimiento de los lineamientos legales y técnicos establecidos por la normativa ambiental.
2. Clasificación y separación en la fuente: En obra se aplicaron prácticas de segregación de residuos, distinguiendo entre escombros, materiales aprovechables (metales, madera, plásticos) y residuos no aprovechables, lo que permitió facilitar su adecuado manejo.
3. Transporte y disposición final: Los residuos fueron retirados periódicamente por la empresa contratada y llevados a sitios de disposición autorizados, evitando vertimientos ilegales o acumulaciones que pudieran afectar la seguridad y salubridad de la obra.

4. Aprovechamiento y reciclaje: Se promovió la reutilización de ciertos materiales como madera para encofrados, chatarra metálica y fragmentos de concreto en procesos de relleno controlado, reduciendo así el volumen de disposición final.
5. Seguimiento y control: Se llevó un registro de las cantidades y tipos de residuos generados, así como de los manifiestos de transporte y disposición emitidos por la empresa MAR ASEO, asegurando trazabilidad y control ambiental durante toda la etapa constructiva.

Durante la ejecución del proyecto la cantidad promedio semanal de los residuos no aprovechables, se estimaron alrededor de catorce metros cúbicos (14m³), lo que equivale a cincuenta y seis metros cúbicos (56m³) mensuales.

Tomando en cuenta los datos anteriores, tenemos que durante la construcción del proyecto Mirador de la Ciénaga, el total de los residuos no aprovechables fue de mil setecientos treinta y seis metros cúbicos (1736m³).

De esta manera, el plan de manejo de residuos de construcción no solo garantizó el cumplimiento de la normativa, sino que también contribuyó a la sostenibilidad del proyecto mediante la reducción de impactos negativos en el medio ambiente y la promoción de prácticas de economía circular en el sector de la construcción.

4.2 Proyecto B: Sistema Tradicional (Monte Rivera, Sistema Tradicional).

Monte Rivera, es un proyecto de la constructora Amarilo ubicado en la ciudad de Barranquilla, se encuentra en una de las zonas más prestigiosas de la ciudad, cerca de importantes centros comerciales como Buenavista, Mall Plaza, Plaza del Parque y Viva Barranquilla (véase figura 35)

Figura 35

Proyecto Monte Rivera



Nota. Se observa la renderización del proyecto Monte Rivera utilizado en la etapa de ventas (Amarilo, 2023)

Monte Rivera, es un proyecto de la constructora Amarilo ubicado en la ciudad de Barranquilla, se encuentra en una de las zonas más prestigiosas de la ciudad, cerca de importantes centros comerciales como Buenavista, Mall Plaza, Plaza del Parque y Viva Barranquilla.

El barrio Riomar donde está Monte Rivera es conocido también por ser una zona gastronómica que ofrece un extenso abanico de restaurantes y bares. Queda cerca a la Clínica Portoazul y es vecino de hoteles prestigiosos (Barranquilla Marriot, GHL Collection Hotel Barranquilla, Hotel Dann Carlton, Movich Buró 51, entre otros) y de almacenes de grandes superficies (Price Smart, Home Center y Makro entre otros).

Monte Rivera, consta de dos (2) torres de once (11) pisos cada una, destinadas a vivienda, y dos (2) niveles de parqueaderos, más un (1) sótano. Las unidades de vivienda tienen áreas entre 124-203 metros cuadrados, y es un proyecto de vivienda no VIS.

El desarrollo del proyecto Monte Rivera, se llevó a cabo por etapas, organizadas de manera progresiva para garantizar la funcionalidad del conjunto y el cumplimiento de los cronogramas establecidos:

Etapas 1: Construcción Torre 1, acompañadas de las obras complementarias como la portería acceso y zonas sociales (lobby, salón gammer, parque infantil), cabe resaltar que en la construcción de cada torre se encuentran los parqueaderos correspondientes a cada apartamento.

Etapas 2: Construcción Torre 2 y Piscina, esta etapa se encuentra en su fase final, con las actividades de obra blanca.

El proyecto se ejecutó en dos fases constructivas, cada una con un cronograma independiente que permitió dar continuidad al desarrollo del conjunto:

Etapa 1: Inició en marzo de 2023 con la construcción de las Torre 1, Portería de acceso y zonas sociales (lobby, salón gammer, parque infantil). Esta fase se desarrolló de acuerdo con la programación establecida y concluyó en diciembre de 2024, entregando a los residentes una parte significativa del proyecto en pleno funcionamiento.

Etapa 2: Dio inicio en diciembre de 2024, abarcando la construcción de la Torre 2 y piscina. El proceso constructivo de esta fase final, aún se encuentra en ejecución teniendo como fecha de finalización en cronograma de obra el mes de junio del año 2026.

La planificación de fechas permitió asegurar una entrega progresiva de los espacios, garantizando que los usuarios pudieran disfrutar de las primeras unidades mientras avanzaba la ejecución de las etapas posteriores.

El proyecto dio inicio con el descapote y nivelación del terreno, la ubicación topográfica de cada una de las zapatas, las cuales conforman la cimentación de la estructura de las torres, además para el diseño de la cimentación se utilizaron zapatas aisladas conectadas con vigas de amarre, teniendo en cuenta el proceso constructivo y las recomendaciones del estudio geotécnico (véase figura 36).

Figura 36*Cimentación de la estructura*

Nota. Se observa la instalación de la formaleta para la fundida del muro perimetral del sótano (Amarilo, 2023)

En el proceso constructivo del sistema tradicional en los apartamentos de cada torre se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Se utilizó un sistema de formaleta en aluminio tipo FORSA, reconocido en el sector de la construcción por su rapidez, precisión y capacidad de ser reutilizado en múltiples ciclos.

Este sistema permitió la construcción de las columnas y muros del primer piso en concreto, garantizando una mayor uniformidad en acabados, reducción de tiempos de obra, optimización de mano de obra y un mejor control de calidad estructural.

En la construcción de las losas se utilizaron las formaletas de aluminio, apuntaladas con gatos metálicos, que sostenían las vigas junto con los casetones de poliestireno expandido (icopor), (véase figura 38).

En cuanto a la construcción de los muros divisorios de los apartamentos que conforman las torres, se utilizaron bloques de cemento de referencias 40x20x20cm, 40x20x15, 40x20x10, Anclados por medio de varillas de $\frac{1}{2}$ ", incrustadas a las columnas de la estructura, a través de orificios realizados por medio de un taladro rotomartillo y utilizando también adhesivo de anclaje sika anchorfix-4 (véase figura 39)

Figura 37

Armado de losa para la estructura



Nota. Se observa la instalación de la formaleta y apuntalamiento para la fundida de la losa de entrepiso (Amarilo, 2023)

Figura 38*Muros divisorios*

Nota. Se observa la construcción de las divisiones en mampostería con bloque de cemento (Amarilo, 2023)

Las redes Hidrosanitarias y eléctricas del proyecto se construyen unas a la par de la estructura y otras después que la estructura de la torre lleve por lo menos dos o tres pisos de altura, puesto que las redes sanitarias son descolgadas bajo placa, al igual que las redes hidráulicas pero estas van por el techo falso de cada apartamento aunque solo se utilizan para las zonas de labores y cocina, pues para los baños si se dejan embebidas en la placa, al igual que los ductos de tuberías eléctricas, y se ubican negativos para el armado de las arañas sanitarias, ensambladas posterior a la fundida de los apartamentos (véase figura 39-40).

Figura 39

Instalación de redes hidrosanitarias y eléctricas



Nota. Se observa la instalación de los negativos en las vigas anterior a la fundida. (Amarilo, 2023)

Figura 40

Instalación de redes hidrosanitarias y eléctricas



Nota. Se observa la instalación de la red hidráulica de los baños antes de la fundida de la losa de entrepiso. (Amarilo, 2023)

Con base en lo anterior tenemos que la obra tuvo un tiempo de ejecución para la primera etapa de 21 meses, y para la segunda etapa y finalización total del proyecto se tiene a la fecha 11 meses y se prevé por cronograma de obra una duración de 9 meses más, dando así un tiempo de ejecución de 41 meses, y un costo estimado por apartamento de mil cuarenta y cuatro millones setecientos cincuenta mil pesos (1.044.500.00).

Para la gestión responsable de los residuos generados durante la ejecución del proyecto, se implementó un Plan de Manejo Ambiental orientado al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y a la minimización de impactos negativos sobre el entorno.

Dentro de este plan, se establecieron las siguientes acciones principales:

1. Contratación de empresa especializada: Se contrató a la empresa MAR ASEO, entidad autorizada para la recolección, transporte y disposición final de los residuos de construcción y demolición (RCD). Esto garantizó el cumplimiento de los lineamientos legales y técnicos establecidos por la normativa ambiental.
2. Clasificación y separación en la fuente: En obra se aplicaron prácticas de segregación de residuos, distinguiendo entre escombros, materiales aprovechables (metales, madera, plásticos) y residuos no aprovechables, lo que permitió facilitar su adecuado manejo.
3. Transporte y disposición final: Los residuos fueron retirados periódicamente por la empresa contratada y llevados a sitios de disposición autorizados, evitando vertimientos ilegales o acumulaciones que pudieran afectar la seguridad y salubridad de la obra.

4. Aprovechamiento y reciclaje: Se promovió la reutilización de ciertos materiales como madera para encofrados, chatarra metálica y fragmentos de concreto en procesos de relleno controlado, reduciendo así el volumen de disposición final.
5. Seguimiento y control: Se llevó un registro de las cantidades y tipos de residuos generados, así como de los manifiestos de transporte y disposición emitidos por la empresa MAR ASEO, asegurando trazabilidad y control ambiental durante toda la etapa constructiva.

Durante la ejecución del proyecto la cantidad promedio semanal de los residuos no aprovechables, se estimaron alrededor de catorce metros cúbicos (21m³), lo que equivale a cincuenta y seis metros cúbicos (84m³) mensuales.

Tomando en cuenta los datos anteriores, tenemos que durante la construcción del proyecto Monte Rivera, a la fecha, el total de los residuos no aprovechables fue de mil setecientos treinta y seis metros cúbicos (2688m³).

De esta manera, el plan de manejo de residuos de construcción no solo garantizó el cumplimiento de la normativa, sino que también contribuyó a la sostenibilidad del proyecto mediante la reducción de impactos negativos en el medio ambiente y la promoción de prácticas de economía circular en el sector de la construcción.

4.3 Matriz técnica-económica de comparación

A continuación, en la tabla 5, se presenta un análisis comparativo entre los sistemas de construcción industrializado y tradicional aplicados a los proyectos de vivienda de interés social (VIS) ubicados en la ciudad de Barranquilla, específicamente a los proyectos Mirador de la Ciénaga y Monte Rivera desarrollados por la constructora Amarilo, en donde para la comparación entre los dos sistemas, se tuvo en cuenta un área por metros cuadrados por apartamento de 56 m².

Los criterios con los cuales se evaluaron los sistemas constructivos fueron los tiempos de ejecución, costos, control de calidad, generación de residuos y otros factores determinantes en la gestión de proyectos de vivienda de interés social en Colombia, teniendo en cuenta que el objetivo de esta monografía es identificar las diferencias más relevantes en aspectos técnicos, económicos y ambientales que inciden en la eficiencia de cada uno de estos sistemas.

Tabla 5

Matriz técnica-económica de comparación

Ítem	Sistema industrializado	Sistema tradicional	Comparación por m ² industrializado	Comparación por m ² tradicional	Diferencia
Costo total por apartamento.	\$192.175.200	\$219.000.000	\$3.431.700	\$3.910.714	14.0% de ahorro en el sistema industrializado
Tiempo de ejecución (meses).	31	36	0.554	0.643	Reducción de 16.1% en el sistema industrializado.

Residuos generados (m3/apto).	2.19	3.60	0.039	0.064	Reducción del 64.1% en el sistema industrializado.
Consumo de agua (m3/apto).	9.5	12.5	0.17	0.22	31.2% de ahorro en el sistema industrializado.
Consumo de energía (kWh/apto).	1.250	1.680	22.32	30	34.4% de ahorro en el sistema industrializado.
Uniformidad de acabados.	Alta	Media	-	-	-
Mano de obra especializada.	Baja	Alta	-	-	-
Equipos requeridos.	Medios	Básicos	-	-	-
Adaptabilidad al terreno.	Media	Alta	-	-	-

4.4. Discusión de lo analizado

Mediante el presente análisis, de las diferencias más significativas entre los sistemas de construcción industrializado y tradicional en los proyectos Mirador de la Ciénaga (sistema industrializado) y Monte Rivera (sistema tradicional), ejecutados en la ciudad de barranquilla por la constructora Amarilo. En primer lugar, al utilizar formaletas metálicas para el armado de los muros de carga y las losas de entrepiso, se logra conformar una estructura de manera monolítica, lo cual mejora el comportamiento de la estructura del edificio y minimiza las fisuras y las juntas de dilatación. Por otro lado, el sistema tradicional en la conformación total de un apartamento, necesita de la construcción de muros en mampostería, los cuales deben anclarse o amarrarse a las columnas y vigas de la estructura, generando diferencias entre las juntas que se realizan cuando se une la estructura con la mampostería, reduciendo la calidad y el aumento en los tiempos de ejecución.

En cuanto al tiempo de ejecución tenemos que al utilizar como método de construcción el sistema industrializado, se logra construir dos apartamentos diarios (estructura, divisiones internas y redes hidráulicas, eléctricas), mientras que con el sistema tradicional se construye un apartamento cada dos o tres días (estructura, divisiones internas y redes hidráulicas, eléctricas). Con base en lo anterior se tiene una reducción de aproximadamente el 50%, lo que se traduce en menores tiempos de ejecución, costos, y sostenibilidad ambiental.

En cuanto a costos tenemos una gran diferencia en los precios por apartamento puesto que el valor de un apartamento en el sistema industrializado se encuentra alrededor de 192 millones, frente a 219 millones en el sistema tradicional, lo que implica un ahorro de un 12,4%. Dicha diferencia en los precios genera por diferentes factores (Área m², acabados, ubicación), aunque inciden también los tiempos de ejecución, menor uso de materiales, menor consumo de agua y electricidad reflejado en las facturaciones.

El control de calidad para cualquier proyecto de construcción es fundamental, y para el caso de estudio de estos dos proyectos tenemos que mediante el sistema industrializado se permiten acabados más uniformes y precisos, debido a la estandarización de los procesos constructivos, mientras que el sistema tradicional muestra una mayor variabilidad, ya que sus procesos constructivos dependen en el mayor de los casos del desempeño individual de los trabajadores.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, tenemos que, durante la ejecución de ambos proyectos, la construcción con el sistema industrializado genera menos residuos de construcción y demolición (RCD), con una reducción del 30% con respecto al

sistema tradicional. También es importante resaltar que los consumos de agua y energía son menores, respaldando así el mejoramiento de las condiciones ambientales mediante la industrialización.

En conclusión, el sistema de construcción industrializado está por encima que el sistema de construcción tradicional, en cuanto a productividad, control de calidad, sostenibilidad ambiental y economía global del proyecto, afirmándose como una alternativa más eficiente y sustentable para la producción de viviendas de interés social urbana en Colombia, especialmente en proyectos de gran escala como los desarrollados por la constructora Amarilo en Barranquilla.

Capítulo 5. Síntesis del análisis

5.1 Contraste conceptual y teórico entre autores.

Las investigaciones Smith (2020), Lawson, Ogden y Goodier (2014), Blismas (2007), Kibert (2016), así como Jaillon y Poon (2010), coinciden en indicar y señalar la industrialización y la prefabricación como las vías con mayor eficiencia para poder afrontar retos contemporáneos de la construcción en lo que tiene que ver a la productividad en la construcción, reduciendo tiempos y costos, siendo fundamental en la sostenibilidad y la disminución de residuos. Por su parte, la revisión histórica de Bello (2018) y Galindo Hernández (2023) profundiza en la resistencia que existe aun para la adopción en masa de estas técnicas en Colombia, motivada por diferentes factores culturales, falta de normatividad y percepciones en lo que respecta el control de la calidad y la inversión inicial. Estudios nacionales -Mendoza-Mendoza y García-Pérez (2022), Velasco et al. (2022), Restrepo Montoya (2024)- no solo nos confirman la superioridad técnica y económica de los sistemas industrializados, sino que también resaltan de manera importante la integración tecnología-tradición y que el apoyo normativo es esencial para el éxito a largo plazo.

Autores como Cárdenas y Vélez (2015), Garzón y Ruiz (2018) y Camacho et al. (2016), en cambio dan un mayor protagonismo a todo lo que conlleva la construcción tradicional que se realiza de forma local, defendiendo la adaptación que está tiene a los diferentes entornos y condiciones socioculturales, climáticas y económicas que son de manera específica. Estos autores resaltan que los sistemas manuales como la mampostería o

el uso de materiales autóctonos (guadua, bahareque), los cuales a lo largo de la historia han garantizado la accesibilidad y la sostenibilidad cultural, aunque con algunas limitaciones en eficiencia y control tecnificado.

5.2 Profundización y discusión de resultados

Los resultados prácticos, como lo es el estudio entre el proyecto Mirador de la Ciénega (industrializado) y Monte Rivera (tradicional), nos confirman cuantitativamente las ventajas de los sistemas industrializados: hubo reducción de hasta un 50% en tiempos de ejecución, disminución del 12.4% en lo que respecta al costo por vivienda, y una reducción del 39% en los residuos de construcción generados. Esta evidencia es clara y va en línea con los hallazgos resaltados en las investigaciones recientes que muestran un impacto positivo de la prefabricación y la estandarización, que permite construir de una manera más rápida, con un menor impacto ambiental y además con una mayor uniformidad en la calidad y el desempeño estructural.

Se debe tener en cuenta que estos estudios señalan barreras multidimensionales como lo es la falta de mano de obra, la limitada información técnica para los actores locales, el requerimiento de inversión que resulta ser bastante considerable, y dificultades para adaptar sistemas no convencionales a contextos normativos todavía muy rígidos. Sobre este punto, Jaillon y Poon (2010) argumentan que aun con la existencia de ventajas demostrables en términos económicos y ambientales, la desconfianza cultural y la mala percepción que hay sobre la calidad de los sistemas tradicionales es un obstáculo que ralentiza la innovación.

En contraste, los sistemas tradicionales, aunque son menos eficientes en términos de tiempo y residuos, presentan unas ventajas de adaptabilidad, empleo local, y mejor respuesta a contextos particulares en donde la infraestructura industrial es escasa o la accesibilidad a esta es limitada. Sin embargo, la evidencia empírica recogida señala que estos son unos beneficios que están siendo superados con el tiempo de una manera progresiva gracias a los avances y las capacidades de la construcción industrializada.

Capítulo 6. Conclusiones

A través del análisis bibliométrico se evidencia que el estudio de los sistemas constructivos industrializados y tradicionales aplicados a la vivienda de interés social ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, tanto a nivel nacional como internacional. Los resultados reflejan una tendencia hacia la adopción de sistemas industrializados, impulsada principalmente por la necesidad de reducir costos, tiempos de ejecución y la generación de residuos de construcción y demolición (RCD). Asimismo, se identifica una mayor concentración de investigaciones en países con políticas habitacionales consolidadas, como España, México y Colombia, donde el desarrollo urbano y la atención al déficit habitacional han fomentado la innovación y la optimización de los procesos constructivos.

Tomando en cuenta las fuentes destacadas y los autores, son de mayor importancia los vinculados a universidades y centros de investigación en ingeniería civil, lo cual demuestra el interés académico para integrar la investigación científica con la práctica constructiva.

Al identificar y describir los principales sistemas constructivos empleados en Colombia para la construcción de viviendas de interés social, se percibe una creciente adopción en tecnologías orientadas a la optimización y estandarización de procesos constructivos, entre los más significativos se encuentra el sistema de formaleta modular, los cuales se emplean con frecuencia en proyectos de vivienda de interés social debido a los menores tiempos de ejecución y mayor control de calidad.

Tomando como base el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) y las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se logra confirmar que los sistemas constructivos industrializados cumplen con los requisitos estructurales y de habitabilidad exigidos, siempre y cuando se apliquen bajo los criterios y procedimientos técnicos establecidos.

El análisis comparativo generado en los proyectos de construcción ejecutados mediante los sistemas industrializados y tradicionales permitió identificar las diferencias significativas en la calidad y tipo de residuos de construcción y demolición (RCD) producidos por cada método constructivo. Los resultados demuestran que mediante la implementación del sistema industrializado se logra reducir hasta en un 30% la generación de residuos no aprovechables, además de reducir el consumo de agua y energía durante la construcción del proyecto. Por otra parte, el sistema de construcción tradicional representa un mayor consumo de los servicios, e incremento de los residuos de construcción y por ende una menor eficiencia ambiental.

Mediante la implementación de un análisis multicriterio se logró determinar las principales ventajas y limitaciones de los sistemas constructivos en el contexto colombiano, considerando sus dimensiones técnicas, económicas, ambientales y normativas. Los resultados reflejan que los sistemas constructivos industrializados, tienen una mayor eficiencia y reducciones significativas en los tiempos de ejecución, costos de obra y generación de residuos, debido en gran parte a la estandarización de sus procesos.

Aunque desde el punto de vista económico, este sistema requiere de una gran inversión inicial, debido a la adquisición de equipos y capacitaciones técnicas, se logra compensar con la productividad, durabilidad y ahorro operativo a lo largo del proyecto.

Finalmente logramos evidenciar por medio del presente estudio que el sistema constructivo industrializado, se consolida como una alternativa más eficiente, económica y sostenible frente al sistema constructivo tradicional, especialmente en viviendas de interés social (VIS), donde los tiempos de ejecución, los costos y la estandarización son factores determinantes. No obstante, su implementación debe estar enlazada con una adecuada planificación, capacitación técnica y evaluación del terreno para garantizar la seguridad de las estructuras, la calidad de sus materiales y la sostenibilidad de los proyectos.

Capítulo 7. Recomendaciones

De acuerdo con el análisis y cruce de autores y resultados, resalta la necesidad de una política que sea integral con un enfoque hacia la construcción industrializada. La recomendación más sólida es que Colombia impulse una estrategia que llegue a combinar factores como formación técnica y universitarias orientadas a la industrialización y digitalización (lean construction), reformas normativas que permitan una mayor flexibilidad en sistemas que sean innovadores sin llegar a sacrificar seguridad ni calidad estructural, de la mano de incentivos económicos y fiscales para la utilización de estas tecnologías industrializadas y el desarrollo de proveedores locales, además de proyectos piloto gubernamentales que demuestren las grandes ventajas que se puede llegar a encontrar en estos sistemas en contextos regionales, esto para que las comunidades tengan una mayor apropiación social de estos conceptos.

La clave para esta sostenibilidad y competitividad en el sector radica en la creación de sistemas híbridos, en donde la tradición y la tecnología estén de la mano, pues esto permite equipar el acceso a vivienda de calidad para sectores vulnerables, llegando a potenciar además una industria nacional capaz de afrontar estos retos de urbanismo contemporáneo.

Se invita a desarrollar iniciativas de política pública y esquemas de apoyo económico que ayuden a la incorporación de estas metodologías constructivos industrializadas, ya sea mediante subsidios u opciones de financiamiento estable para la vivienda de interés social.

Además, también sería pertinente establecer programas de educación técnica integral dirigidos a todos aquellos profesional y técnicos involucrados en la construcción, para así eliminar todo tipo de resistencia cultural y maximizar el aprovechamiento de los beneficios que ofrece la industrialización.

Referencias

- Agrawal, A., Sanghai, S. S., & Dabhekar, K. (2021). Comparative studies between precast and conventional cast-in-situ structural systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1197, 012062. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1197/1/012062>
- Bello, E. (2018). Etapas técnicas significativas en la producción de vivienda social de uno a tres pisos (1945-1975) en la ciudad de Bogotá. En J. Galindo, H. Vargas, & C. Villate (Eds.), Actas del Primer Coloquio Colombiano de Historia de la Construcción. Bogotá, 11-12 de octubre del 2018. Universidad Nacional de Colombia.
- Blismas, N. (2007). Offsite manufacture in Australia: Current state and future directions. Construction Innovation, 7(3), 203-218.
- Del Águila García, A. (1996). Sistemas constructivos industrializados. Informes de la Construcción, 48(446), 29-38. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. John Wiley & Sons.

- Elorza Santiago, A. J. (2015). Construcción modular para vivienda de interés prioritario en Colombia: aplicación del sistema de construcción modular en madera laminada para la fabricación de viviendas de interés prioritario en Bogotá D.C. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Universidad de los Andes.
- Figueroa Turcios, F. (2024, 14 de noviembre). Amarilo, líder en la construcción en el proyecto Ciudad Mallorquín. La Cháchara. <https://lachachara.org/amarilo-lider-en-la-construccion-en-el-proyecto-ciudad-mallorquin>
- Flores-Sánchez, A., López-Maldonado, E. A., & Mota-López, D. R. (2025). Towards sustainable social housing: Challenges of traditional and industrialized construction systems in Mexico. *Buildings*, 15(2), 2020. <https://doi.org/10.3390/buildings150202020>
- Froese, T., Rankin, J., & Boyd, D. (2017). Construction innovation and process improvement. Routledge.
- Galindo Díaz, J., & Hernández Quiroga, M. J. (2023, 15 de junio). Instituciones, empresarios y académicos en la promoción y uso de elementos prefabricados y sistemas industrializados. Construcción de vivienda social en Colombia (1950-1960). *Limaq*, 11(11), 75-106. <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq>
- García, J. D., & Stand, F. (2016). Comparación de los principales sistemas constructivos de VIS en Colombia, desde una perspectiva de sostenibilidad, empleando BIM: caso

estudio en Soacha [Trabajo de grado, Universidad Javeriana].

<http://hdl.handle.net/10554/19639>

Gibb, A., & Pendlebury, M. (2018). Off-site fabrication: Prefabrication, pre-assembly and modularisation. John Wiley & Sons.

Jaillon, L., & Poon, C. S. (2010). Design issues of using prefabrication in Hong Kong building construction. *Automation in Construction*, 19(3), 323-333.

Jorge-Ortiz, A., Braulio-Gonzalo, M., & Bovea, M. D. (2025). Environmental and economic performance of residential buildings: LCA|LCC tool and case study in Colombia. *Building and Environment*, 269, 112459.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112459>

Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: Green building design and delivery. John Wiley & Sons.

Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Goodier, C. I. (2014). Design in modular construction. CRC Press.

León, W., Guevara, J., & García-López, N. (2024). Exploring the limitations and opportunities of industrialized construction in Colombia from a Lean perspective. En D. B. Costa, F. Drevland, & L. Florez-Perez (Eds.), *Proceedings of the 32nd*

Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32) (pp. 401-415). <https://doi.org/10.24928/2024/0174>

Lessing, J., Stehn, L., & Ekholm, A. (2015). Industrialized house-building—development and conceptual orientation of the field. *Construction Innovation*, 15(3), 378-399.

Luquetta Chedraui, O. M. (2006). Análisis comparativo de sistemas constructivos industrializados para vivienda en Colombia: El caso de FORSA y UNI-SPAN [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Universidad de los Andes.

Mantilla Antoline, D., Buitrago Peña, R., & Flórez, M. E. (2021). Análisis y comparación de sistemas constructivos contemporáneos como Block Fast y Panel W vs. clásicos (mampostería) aplicados en el diseño de una casa de interés social en Bogotá, Colombia. *Ingenio Magno*, 12(2), 149-158.

Mas, A. (2011). Construcción industrializada, sostenible y de calidad [Conferencia]. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Valencia, España.

Mendoza-Mendoza, F. A., & García-Pérez, L. A. (2022). Evaluación de costos y tiempos del sistema constructivo industrializado de muros [Trabajo de grado, Universidad de San Buenaventura]. Repositorio Institucional Universidad de San Buenaventura.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). Las normas aplicables en el desarrollo de vivienda de interés social (C. A. Díaz Reyes & J. A. Ramírez Luna, Eds.; Serie Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social, No. 3).

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Resolución 549 de 2015: Por la cual se adopta la Guía de Asistencia Técnica para el Desarrollo de Vivienda de Interés Social y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 49.490.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025, 6 de mayo). Cifra récord de reducción del déficit habitacional para 2024. <https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/cifra-record-de-reduccion-del-deficit-habitacional-para-2024>

Palacios Rueda, A. F. (2023). Evaluación a la implementación del sistema constructivo modular: un análisis de eficiencia y sostenibilidad en la vivienda de interés social en Colombia [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás.

Purba, A. S. E. (2020). Comparison analysis of cost and time in situ concrete implementation method with pre cast. Jurnal Mekanikal, Energi, Industri, Dan Teknologi (Makintek), 11(2), 46-52.
<https://www.ejournal.isha.or.id/index.php/Mekintek>

Restrepo Montoya, A. (2024). Industrialization, efficiency and social housing: Sustainable prefabrication for the Colombian social and cultural context. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 18(2), 92-99. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2024.02.006>

Rodríguez, L. M. (2023). Sistemas constructivos industrializados y su incidencia en la sostenibilidad de edificaciones de vivienda social en España [Trabajo de fin de máster, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica de Madrid.

Rojas-Herrera, C., Martínez-Soto, A., Avendaño-Vera, C., Cancino Carrasco, R., & Reyes Barbato, N. (2025). Industrialized construction: A systematic review of its benefits and guidelines for the development of new constructive solutions applied in sustainable projects. *Applied Sciences*, 15(5), 2308. <https://doi.org/10.3390/app15052308>

San Bartolomé, Á., & Quiun, D. (2004). Propuesta normativa para el diseño sísmico de edificaciones de mampostería confinada. *Boletín Técnico*, 42(2), 40-57. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2004000200003&lng=es&tlng=es

Schacher, T., & Hart, T. (2015). Construyendo viviendas de mampostería confinada de uno y dos pisos: Guía para constructores y arquitectos. Earthquake Engineering Research Institute (EERI).

Sierra Suárez, L. P., & Manrique López, K. (2014). Impacto del tipo de cambio real en los sectores industriales de Colombia: Una primera aproximación. *Cepal Review*, (114), 128-143.

Velasco, R., Luna, L., Hudson, R., & Shepherd, P. (2022). Concrete construction for social housing in Colombia: Towards a higher productivity supported by the use of digital tools and off-site processes. En *SIGraDi 2022 – Critical Appropriations* (pp. 569-580). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

https://doi.org/10.5151/sigradi2022_107