

# Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos y tres, con el fin de ser adaptados al contexto colombiano

María Constanza Muñoz Alzate\*

\* Arquitecta, Especialista en Gerencia de Obra, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia, Magíster en Docencia Universitaria. Experiencia con Interventoría de Obra, Dirección y Gerencia de Proyectos. Directora del departamento de Evaluación y Financiación de proyectos de International Finance Option. Contratista en el sector público con Logística de FFMMM de Colombia. Gerente técnica de Vivienda de interés social y Vivienda. Docente del área de construcción, en pregrado y posgrado, conferencista e investigadora en el campo de la calidad de vivienda de interés social, sistemas de construcción industrializada, administración y gerencia de proyectos Coordinadora académica de la Especialización de Construcciones industrializadas para VIS. Correo electrónico: mmunoza@unisalle.edu.co

## Resumen

Este artículo es el producto de la investigación cualitativa, que establece la relación de los sistemas de construcción industrializada existentes en: Chile, Argentina, España, Colombia y Brasil, diferenciando los parámetros de clasificación de cada país. Con base en las categorías de análisis: técnicas, de contexto, de producción, de viabilidad y de factibilidad; se realizaron visitas a ocho proyectos de vivienda en Colombia. Diseñando un modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos y tres, facilitando así, la toma de decisión de los entes involucrados en la gestión de proyectos de vivienda.

**Palabras clave:** sistema, construcción industrializada, vivienda y modelo preliminar de evaluación.

## Preliminary evaluation model for industrialized construction systems of middle-income housing for implementation in Colombian context

### Abstract

The research presents a qualitative report according classification patterns in industrialized building systems in the next countries: Chile, Argentina, Spain, Colombia and, Brazil. This research was based on analysis categories: technicals, about context, production, viability and factibility. As far the procedure and the sample, researchers visited eight (8) construction projects in Colombia which were designed for vulnerable human population and where it was used high technology and not conventional materials for industrialized system buildings. About the reaches of this project, it proposes a preliminar evaluation pattern applying to industrialized system buildings designed for people with low quality of life. Finally, this reasearch pretends to contribute to the construction systems filed in Colombia, in terms of influencing institutions who makes decisions about the management of dwelling projects for vulnerable people and, about the use of not convencional materials and their adaptations to our context in this sort of projects.

**Key words:** system, dwelling, insdustrialized building, evaluation preliminary models and, vulnerable population.

## Introducción

A continuación aparece el artículo producto de una investigación desarrollada para la Universidad de La Salle titulada “Modelo de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de las poblaciones humanas más vulnerables, donde se utilicen materiales de punta no convencionales (básicos y alternativos), con el fin de ser adaptados al contexto colombiano”, enmarcada en la línea de Técnica y tecnología dentro del grupo de investigación Habitec inscrito en Colciencias, que permite la identificación de los sistemas industrializados, una clasificación propuesta por las investigadoras y es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones para los entes gestores del proyecto pues da parámetros de evaluación desde la patología y la adaptabilidad.

Colombia tiene una historia en la industrialización de la construcción y en el uso de sistemas constructivos de más de veintiocho años, donde hubo errores pero también logros con poca divulgación. El término *prefabricación* está asociado a adjetivos generalmente descalificadores como “mala calidad”, probablemente, porque un importante sector del mercado basó su marketing en el bajo costo de sus productos (viviendas con estructuras incompletas que no cumplen los mínimos controles, ni normas de habitabilidad y que no pueden ser hipotecadas) como “viviendas prefabricadas”. Por otra parte, se resaltan patologías en aquellos sistemas industrializados, que sí las tienen; pero, ¿se exigen el mismo énfasis en las patologías de los sistemas tradicionales? Conceptos como control de calidad, mantenimiento, plazo de ejecución, exactitud de presupuesto son exigidos minuciosamente a los sistemas industrializados, mientras que a los sistemas tradicionales, no les son exigidos.

A partir de la Segunda Guerra Mundial y a mediados del siglo pasado, el déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda en el mundo y en Colombia inició una carrera de incremento, que no se ha detenido; arquitectos, ingenieros, técnicos, empresarios, expertos e investigadores han apropiado tecnologías foráneas, propias de la industrialización, que contribuyen a detener el déficit planteado.

Como respuesta a ello, la producción masiva puede darse a un menor costo, adaptando tecnologías que permitan hacer realidad el avance de la industria de la construcción, sin fracasos económicos, pérdidas de tiempos y materiales, que para Colombia sea de fácil aprendizaje, responda al contexto cultural, sea generadora de creatividad para dar la mejor respuesta a todas las determinantes exigidas por un sistema industrial; que a las técnicas locales pueda enriquecerlas, incorporarlas y racionalizarlas para una mejor productividad. Colombia se ha apropiado de sistemas industrializados con gran éxito de producción como es el caso de Royal Canadá que le dio la posibilidad de empezar a producir con este sistema bajo el nombre de Royalco. De igual manera, la USG capacitó personal que ha sido capaz de montar millones de metros cuadrados de su sistema en Colombia.

Donnell (2006) y Salas (2001) definen la industrialización como el resultado de la aplicación de una determinada tecnología que se materializa en el proceso de producción o en el producto donde se sustituye la habilidad del artesano por el uso de la máquina. Para la presentación de este artículo, la industrialización de la construcción en Colombia es la optimización y racionalización de los recursos que organizan los procesos en obra.

Representa una clasificación detallada de los sistemas de construcción industrializada que existen en países no homólogos, ubicados en diferentes continentes con características de desarrollo, económicas y grados de tecnología no similares, y un modelo preliminar de los sistemas de construcción industrializada viables para ser adaptados en Colombia.

La prefabricación es la primera acción de la industrialización definida por Lewicki (citado por Figue, 1995), “la producción de elementos de construcción fuera del lugar de su destino definitivo, tratándose de elementos que, en la construcción tradicional se realizan in situ” y se clasifica según el grado de prefabricación, el peso, el material y la forma.

Enfatizando, que no en todos los países los parámetros de construcción de la industrialización son iguales, se aclara que para Chile y Argentina la industrialización se da en sistemas secos, por ejemplo, los sistemas prefabricados como son pórticos y paneles en donde las juntas se resuelven técnicamente sin la presencia de concretos y morteros; mientras que en España, Colombia y Brasil la industrialización se presenta como la racionalización de materiales y mano de obra, aunque la solución técnica sea fundida in situ, como es el caso de la mampostería reforzada, moldeos continuos con muros en concreto.

Lo anterior se logró mediante una exploración detallada de los parámetros de los sistemas de construcción industrializada existentes en Chile, Argentina, España, Colombia y Brasil; luego se realizaron las visitas a los proyectos en ejecución en Colombia, en ciudades como Cali, Cartagena, Medellín y Bogotá; registrando la información en cinco formatos, cada uno relacionado con una categoría de análisis. Concluyendo así, que no todos los sistemas aplican a las variables de clima, uso, estrato, costo, producción, viabilidad y factibilidad, entre otras. En el caso de la vivienda para estratos dos y tres se estableció que cada sistema requiere un proceso de adaptabilidad en términos técnicos permitiendo responder a las variables en mención.

## **Materiales y métodos**

La investigación correspondió al enfoque cualitativo y es descriptiva y se desarrolló en una sola etapa, en la que se recolectó la información por medio de técnicas de investigación documental e investigación de campo; la tabulación, interpretación y análisis de la información se realizó en fichas de registro y los resultados se sistematizaron en tablas.

La muestra correspondió a ocho proyectos en proceso de construcción industrializada para vivienda de estratos dos y tres, ubicados dos en cada una de las siguientes ciudades: Cali, Medellín, Cartagena y Bogotá. Las categorías de análisis fueron: técnicas de contexto, de producción, de viabilidad y de factibilidad, cada una con las variables e indicadores y en el respectivo formato (tabla 1).

## **Resultados**

El desarrollo de la investigación permitió clasificar los sistemas de construcción industrializada, teniendo en cuenta los parámetros de industrialización propios de cada país, identificando que en Colombia se utilizan materiales como el concreto, la madera y el acero; mientras que

TRAZA

en Argentina, Brasil, Chile y España solo se utilizan materiales para sistemas en seco. En los países anteriormente mencionados, los sistemas industrializados aplican para el uso de vivienda, recreación, institucional y comercial. Lo que permitió determinar la clasificación que, a continuación, se propone como aporte (tabla 2).

**Tabla 1. Categorías de análisis propuestas para la investigación**

Formato	Categorías	Variables	Indicadores
1	Técnicas	Niveles de evaluación tecnológico	Sistema constructivo
		Planeación y gestión de los proyectos	Número de soluciones de vivienda
		Materiales e insumos	Materiales convencionales y no convencionales
		Herramientas y equipos	Torre grúa y herramientas industrializadas
		Mano de obra	Calificada y mínima
		Control y supervisión	Programación
		Costos	Costal total y flujos de caja
2	De contexto	Uso y función	Vivienda para la población vulnerable
		Localización	Cali, Medellín, Cartagena y Bogotá
		Clima	25° C – 20° C – 30° C y 13° C
		Estrato	0 – 1 y 2
		Usuario	Familias integradas por 3 a 6 personas
3	Producción	Desempeño	Producción en serie
		Eficiencia	Tiempos mínimos de ejecución
		Eficacia	Calidad del montaje o proceso de obra
4	Viabilidad	Relación NSR98	Ubicación entre los parámetros de sismo resistencia para el sistema
5	Factibilidad	Superhavit	Utilidad del proyecto (costo de venta menos costos de inversión)

Fuente: elaboración propia.

Igualmente, se logró consignar los sistemas de construcción industrializada para vivienda según los parámetros de clima, estrato, eficiencia y costo en Colombia, de acuerdo al trabajo de campo (tabla 3).

Finalmente, se diseñó un modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos y tres, que sirva para la toma de decisiones a los profesionales de la arquitectura y la ingeniería civil encargados de la gestión de proyectos de construcción en Colombia.

- Descripción del sistema. Se detalla el proceso constructivo.
- Exigencias técnicas. Se tiene en cuenta equipo, maquinaria, materiales y mano de obra.

Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos (2) y tres (3), con el fin de ser adaptados al contexto colombiano

MARÍA CONSTANZA MUÑOZ ALZATE

- Componentes y elementos del sistema. Se describe técnicamente: la estructura, los cerramientos, los acabados y las instalaciones.
- Consideraciones del sistema. Se da prioridad a las consideraciones estructurales y arquitectónicas.

**Tabla 2. Clasificación de los sistemas de construcción industrializada de acuerdo a los parámetros técnicos y materiales**

Sistema	Parámetro	
	Técnico	Materiales
Mampostería reforzada	Muros confinados	Concretos Bloques de arcilla Bloques de concreto Acero estructural
	Muros de diafragma	Concretos Bloques de arcilla Bloques de concreto Acero estructural
	Muros parcialmente reforzados	Concretos Monteros Grautig Bloques de arcilla Bloques de concreto Acero estructural
	Muros con cavidad reforzada	Concretos Monteros Grautig Bloques de arcilla Bloques de concreto Acero estructural
	Muros en concreto	Concretos Acero estructural
Moldeos continuos	Outinord	Concretos Acero estructural
	Con Tech	Concretos Acero estructural
	Forza	Concretos Acero estructural
	Formesan	Concretos Acero estructural
	Uniespan	Concretos Acero estructural
Paneles Prefabricados	Losas	Concretos Acero estructural
	Dry wall	Yeso cartón Madera Acero Concretos Aluminios Plásticos
	Grandes paneles	Concretos Acero estructural
	3D panel	Concretos Acero estructural Estiropor Poliestireno expandido
Alternativos	Guadua	Guadua Ensamblados en acero

Continúa

Patentados	Royal	PVC
	Royalco	PVC
	Servivienda	Fibrocemento Perfilería en acero galvanizado
	Casa kit	Fibrocemento Perfilería en acero galvanizado
	Corpacasa	Fibrocemento Perfilería en acero galvanizado
	Metecno	Fibrocemento Perfilería en acero galvanizado
	Speed co	Aluminio Termo Wall Fibrocemento
	Colditec	Acero galvanizado Fibrocemento Cubierta metálica
Esquelétales	Aporticados con vigas y columnas	Concreto Acero Madera

Fuente: elaboración propia.

El diseño del modelo se basó en la clasificación propuesta por las autoras, presentada en la tabla 1, igualmente en la explicación de cada sistema se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- Origen del sistema. Se hace referencia al país donde se gestó el sistema.

Como una muestra de ello se presenta en la figura 1 un modelo preliminar de evaluación del sistema Forza. Dicho modelo se puede consultar de forma detallada en el Departamento de Investigación y en el texto académico o didáctico *Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos (2) y tres (3) con el fin de ser adaptados al contexto colombiano*.

Como producto a la visita de los ocho proyectos de vivienda en ejecución, elegidos en ciudades con diferentes: características de clima, de niveles de tecnología de construcción y de requerimientos espaciales. Se encontró que en la aplicabilidad de los métodos de construcción no se tienen en cuenta los parámetros en mención. Es decir, que se trabajan de igual forma. Por tal motivo, el modelo de evaluación muestra detalladamente a continuación los elementos técnicos propios de adaptabilidad, permitiendo así la mejor eficiencia del sistema.

Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos (2) y tres (3), con el fin de ser adaptados al contexto colombiano

MARÍA CONSTANZA MUÑOZ ALZATE

**Tabla 3. Clasificación de sistemas de construcción industrializada para vivienda según los parámetros de clima, estrato, eficiencia y costo en Colombia**

Proyecto	Vivienda		Parámetros			
	Sistema	Tipo	Ciudad - Clima	Dirección	Eficiencia	Costo
Ciudad del campo	Mampostería estructural (parcialmente reforzada)	Casa	Cali - 25° C	Calle 44 carrera 8ª	250 unidades 8 meses	\$20.000.000
Paraíso del refugio	<i>Moldeos continuos Unispan</i>	Apartamentos		Calle 1 carrera 67	320 unidades 7 meses	\$22.000.000
Llano Grande	<i>Moldeos continuos Forsa</i>	Casas	Palmira- 25° C	Carrera 47 calle 49	300 unidades 9 meses	\$19.008.000
Portal del Sembrador	Mampostería estructural (Totalmente reforzada)	Casas		Transversal 103 calle 84	200 unidades 7 meses	\$11.832.000
Arboleda campestre	Mampostería estructural (parcialmente reforzada)	Casas	Cali K5. 25° C	Calle 5ª con carrera 10ª	150 unidades 6 meses	\$30.000.000
Conjunto multifamiliar el prado	<i>Moldeos continuos Forsa</i>	Apartamentos	Cali K5. 25° C	Transversal 25 No. 25-115	300 unidades 9 meses	\$25.000.000
Refugio de la Carolina	Mampostería estructural confinada	Casas	Cartagena 30° C	Carrera la Concordia	54 unidades 3 meses	Casa tipo 1 \$20.400.000 Casa tipo 2 \$28.560.000 Casa tipo 3 \$32.000.000
Unidad Residencial Pinos Caribe	Mampostería estructural (parcialmente reforzada)	Casas		Vía Santa Lucía Manzana C	180 unidades 12 meses	\$ 22.000.00
Royalco	<i>PVC Cloruro de polivinilo</i>	Casas		Urbanización el Contry manzana 18	24 unidades 5 meses	\$37.000.000
Ciudadela 2000	Mampostería estructural confinada	Casas		San Fernando A los lados corelca	60 unidades 4 meses	\$24.000.000
Terranova	<i>Moldeo continuo forsa con bloques de arcilla</i>	Apartamentos Torres de 16 pisos	Medellín 20° C	Nikia	256 unidades 7 meses	\$28.000.000
Urbanización Puerta del sol	<i>Moldeos continuos Unispan</i>	Apartamentos		Robledo	200 unidades 6 meses	\$34.000.000
Terra Grande	Mampostería estructural confinada	Casas	Bogotá 13° C	Autopista Sur entre Cázuca y Unisur	1600 Unidades 24 meses	\$26.000.000 \$38.000.000
Caminos de San Diego	<i>Paneles prefabricados</i>	Casas		Bosa: Calle 80 S con carrera 80 G	1500 unidades 12 meses	\$24.000.000
Prados de Techo	<i>Moldeos Continuos Unispan</i>	Apartamentos		Calle 6 B No. 79 C- 90	Sin definir	\$43.370.000

Nota: los sistemas en cursiva son la muestra y la información se registró en mayo del 2007.

Fuente: elaboración propia.

## MAMPOSTERÍA REFORZADA

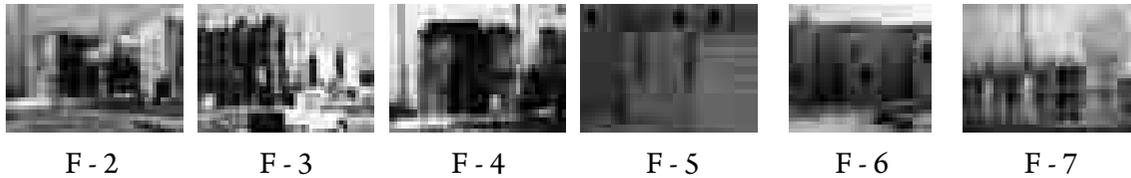


Figura 1. Modelo preliminar de evaluación de sistema fuerza

Tabla 4. Aportes y hallazgos sistema de mampostería reforzada

<b>Aportes y hallazgos de la investigación calidad de vida</b>	
El sistema de mampostería reforzada es el más usual en las soluciones de vivienda de interés social, porque se produce con un enfoque sustentable. Se ajustan fácilmente al código NSR98	
El mantenimiento preventivo y sistémico contribuyen a las actividades prioritarias de sostenibilidad	
<b>Patologías del sistema</b>	Las patologías más frecuentes son las que implican: Los componentes de arcilla roja, fisuras y cisallamientos Los componentes de hormigón: agrietamientos por sobre carga Los morteros de pega: proporciones inadecuadas y juntas frías Mano de obra no calificada que ejecuta el proceso constructivo Texturas, color, fisuras, agrietamientos, problemas constructivos e inadecuada colocación de las instalaciones.
<b>Ciclo de vida del sistema</b>	<p style="text-align: center;"><b>Planeación y diseño</b></p> <p>Existen serios problemas de planteamientos y diseños que se ven reflejados en los manejos del espacio público en las actividades propias de los conjuntos como son los espacios públicos, los juegos para los niños, las actividades sociales, los deportes, los espacios de descanso para los ancianos, lo que se agrava aún más cuando se pretende construir en su totalidad y no se prevén zonas blandas. La mayoría de los conjuntos se han insertado en áreas donde la infraestructura es precaria e insuficiente.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ejecución</b></p> <p>El control de calidad en los materiales y en la ejecución garantiza, de cierta forma, la sostenibilidad del sistema. Para ello, es de gran importancia realizar un control estricto de cada uno de los componentes y los desperdicios.</p> <p style="text-align: center;"><b>Mantenimiento</b></p> <p>El sistema de mampostería reforzada requiere un porcentaje muy bajo de mantenimiento lo que lo convierte en un sistema sostenible, con cimentaciones superficiales.</p> <p style="text-align: center;"><b>Desuso</b></p> <p>El sistema de mampostería reforzada es uno de los de mayor durabilidad bajo los parámetros de mantenimiento adecuados y oportunos. Las arcillas rojas son reciclables y sus usos son variados en otros acabados de fácil manejo; sin embargo, los mampuestos de concretos solo son utilizados para rellenos de suelos inestables.</p>
<b>Recomendaciones de adaptabilidad</b> "Acondicionamiento térmico de edificios" con respecto a la transmitancia térmica, se puede hablar de cumplir con este requerimiento si se incorpora un aislante de poliestireno expandido, dividiendo la cámara de aire en dos. También se podría designar a un inspector que se dedicará a verificar su correcta colocación en toda la obra. Esto le daría un mayor grado de adaptabilidad en cualquier clima sin que a futuro se presenten patologías graves. Se debe pensar en una inversión adicional para este detalle constructivo.	<p>Proyecto de la vivienda correctamente adaptado al sistema constructivo de la mampostería de hormigón.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Mano de obra capacitada para la correcta colocación de los bloques. Control independiente y minucioso de la calidad del mortero de asiento.</li> <li>· Control de calidad de la mano de obra por presencia permanente de supervisores. Exigencia en las juntas verticales y horizontales y en la ubicación de los insertos de poliestireno expandido.</li> <li>· Estricto control de calidad interno de la empresa constructora, basado en que cada supervisor sabe lo que tiene que hacer, sabe lo que está haciendo, y cómo puede actuar cuando los puntos anteriores no coinciden.</li> <li>· Limpieza de obra y buena organización de las cuadrillas de mano de obra. Entrega de herramientas adecuadas a las cuadrillas. Existencia de un cartel guía para la mano de obra.</li> <li>· Resulta más económico construir con calidad, que hacerlo mal y con riesgos de patologías potenciales.</li> <li>· Cuando la mano de obra es deficiente y no existe control de calidad de recepción externo, cualquier sistema constructivo, o material de la construcción resulta maltratado.</li> <li>· Muchas de las patologías observadas en obras de bloques de hormigón heredadas de la deficiente mano de obra acostumbrada al mal trato del bloque hueco cerámico.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos (2) y tres (3), con el fin de ser adaptados al contexto colombiano

MARÍA CONSTANZA MUÑOZ ALZATE

## MOLDEOS CONTINUOS

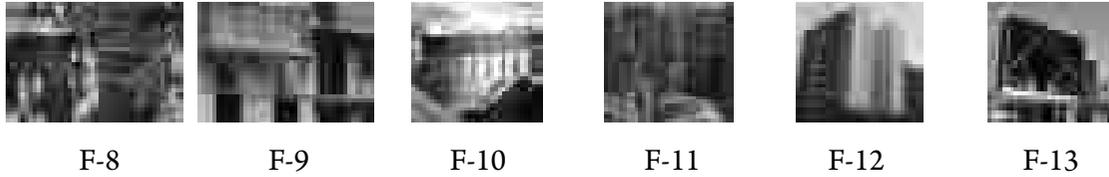
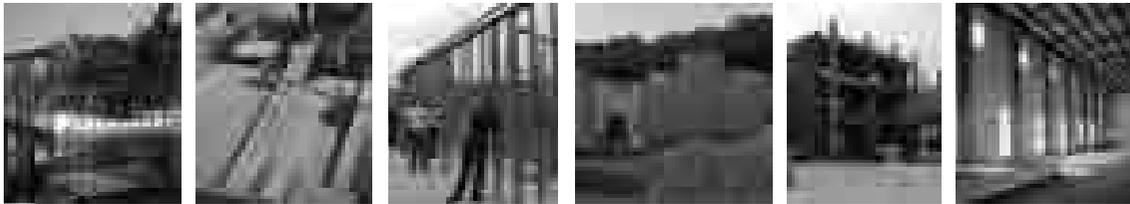


Tabla 5. Aportes y hallazgos sistema de moldeos continuos

<b>Aportes y hallazgos de la investigación calidad de vida</b>	
<p>Muchas polémicas y rumores han despertado los muros de moldeo continuo, ya sea por el refuerzo interno (creación de campos magnéticos) por las condiciones de las juntas (filtraciones de aire y humedad) o por su comportamiento térmico y acústico (no hay control de ruido y de frío o calor), pero es evidente que entre más días pasan son más las soluciones de vivienda que se dan con este sistema.</p>	
<b>Patologías del sistema</b>	<p>Las fisuras, los agrietamientos, los problemas térmicos y acústicos son los más frecuentes en todos los sistemas de moldeo continuo. La ignorancia de las condiciones del suelo, la presencia de aguas subterráneas. Adicionalmente las burbujas, los hormigones, las variaciones de colores, las manchas en el material, las juntas frías, las rebabas, las huellas de las formaletas, las fugas de las lechadas y hasta las fisuras por asentamientos diferenciales son objeto permanente de estudios de ingenieros, que se preocupan por esta situación que es permanente.</p>
<b>Ciclo de vida del sistema</b>	<p style="text-align: center;"><b>Planeación y diseño</b></p> <p>Los sistemas de moldeo continuo se han venido adaptando indiscriminadamente para todos los usos y los climas, sin tener en cuenta factores de riesgo que evidencian la presencia de patologías claves en los sistemas, las cuales deterioran significativamente el producto final. Como lo demuestra un estudio publicado por Noticreto nro. 82 pp. 50-64. Es por esto que la arquitectura debe plantearse bajo los parámetros de sostenibilidad que asegura la salud del planeta y de las generaciones presentes y futuras.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ejecución</b></p> <p>La mayoría de los problemas presentados son ocasionados por:            Altura de colocación de los concretos.            Mal empleo u omisión de vibración para los concretos.            Mano de obra no calificada.            Falta de estudio para solución de juntas.            Formaletas con excesivo número de usos que la obliga a fallar tanto en lo físico como en lo mecánico.            Falta de pruebas en los materiales.            Omisión en la colocación de materiales complementarios que supla las falencias de los concretos, tales como aislantes y rejillas de ventilación.            Desencofrados prematuros.            Asentamientos diferenciales.            Sobrecargas en las placas.            Almacenamientos inadecuados.            Variaciones térmicas no previstas.            Ausencia de diagonales en esquinas, lo que ocasiona fisuras en vanos de ventanas y puertas.            Humedades y ventilaciones.            Ondulaciones.</p> <p style="text-align: center;"><b>Mantenimiento</b></p> <p>El mantenimiento es mínimo, pero los defectos de producción son para siempre.</p> <p style="text-align: center;"><b>Desuso</b></p> <p>Con el tiempo se presentan las siguientes patologías propias del sistema, cuando se supera los siete años de uso:            Humedades y penetración de agua.            Manchas interiores en las pinturas y los acabados.            Desprendimientos de los acabados finales.            Dilatación de las juntas.            Ondulaciones en muros por efecto de luz.            Poco confort térmico y acústico.            Pero tal vez lo más alarmante es el manejo los concretos que se demuelen, fin de vida, la primer paso para esta etapa es la demolición muchas veces tan demandante de recursos como la extracción de materiales debido al uso de energía para poder demoler la piedra del cemento y una vez más triturarla hasta obtener piedras de fácil movimiento transportación, posteriormente ésta podrá ser reciclada en el proceso del cemento o obtener un agregado tipo grava.            Estos desperdicios solo se utilizan en rellenos, pues no se integra el compromiso visionarios ni las acciones a tomar con este tipo de desechos.</p>
<b>Recomendaciones de adaptabilidad</b>	<p>A parte de la aplicación de todas las normas técnicas para los concretos.            Garantizar que el equipo ejecutor conoce a cabalidad el sistema.            Buscar una inversión adicional para acondicionar un excelente aislante térmico y acústico porque el sistema no lo provee.            Verificar el sistema de ventilación cruzada porque los muros de concreto genera condensación, causa de la mayoría de las patologías.            Tanto el diseño arquitectónico como el estructural deben garantizar la creencia de la bioclimática que asegure edificios confortables pero a la vez eficientes.</p>

Fuente: elaboración propia.

## PANELES PREFABRICADOS



F - 14

F - 15

F - 16

F - 17

F - 18

F - 19

**Tabla 6. Aportes y hallazgos sistema de paneles prefabricados**

<p>Se consideran aquí todos los paneles que serán montados en la obra sin importar el material de procedencia.</p> <p>Estos sistemas han solucionado de forma masiva el déficit cualitativo y cuantitativo de la vivienda dirigida a estratos 2 y 3, y aunque la calidad de vida se ha visto beneficiada por tener un espacio donde vivir, también es cierto que estos sistemas presentan problemas delicados que aún no se han solucionado.</p>	
<b>Patologías del sistema</b>	<p>Todos los problemas que se presentan radican en el sistema de juntas y tolerancias los que acarrearán problemas similares a los de los moldeos continuos</p> <p>Indiscriminadamente si la junta es húmeda o seca las patologías frecuentes son: las fisuras, los agrietamientos, los problemas térmicos y acústicos, las variaciones de colores, las manchas en el material, las juntas frías, las filtraciones de agua y la dilatación o pérdida de la junta.</p>
<b>Ciclo de vida del sistema</b>	<p style="text-align: center;"><b>Planeación y diseño</b></p> <p>Los paneles cada vez más livianos, manoportantes y versátiles, en su montaje han hecho que el sistema se posicione rápidamente en el mercado, esto mismo ha dificultado que en obra se solucione de forma adecuada la junta de los elementos tanto en cerramientos como en interiores.</p> <p>No se ha prestado la importancia requerida en la solución de este problema lo que deteriora el producto terminado. Las posventas son cada vez más frecuentes.</p> <p>El clima, el suelo y la adaptabilidad del sistema son determinantes claves en el manejo de este proceso constructivo. Desde el diseño y puesta en obra este tema debe estar solucionado bajo los parámetros de calidad técnica.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ejecución</b></p> <p>La llegada a la obra de los prefabricados implica una plantación técnica de la misma, permitiendo la tipificación de las soluciones a las juntas verticales y horizontales. Las soluciones inmediatas y reduccionitas ocasionan un deterioro rápido en la calidad de vida del usuario y el ciclo del producto, tales problemas son: filtraciones de agua y viento y frío o calor.</p> <p>Juntas demasiado rígidas que ocasionan condensaciones y ruptura de los prefabricados, poco confort térmico y acústico y deterioro de los acabados.</p> <p style="text-align: center;"><b>Mantenimiento</b></p> <p>El mantenimiento es permanente y oportuno en el tema de las juntas de los prefabricados, pues una de las características primordiales es la elasticidad la función de sello que debe cumplir, este tema se abandona después de entregada la obra y no se atiende correctamente lo que deteriora la vivienda en su totalidad.</p> <p style="text-align: center;"><b>Desuso</b></p> <p>Dentro de este grupo de prefabricados se encuentran además de los concretos, los plásticos que han venido presentando serios problemas de biodegradación o degradación natural, lo que atenta directamente con el medio ambiente, y aunque muchos constructores los utilizan, pocos se interesan por el tema de la sostenibilidad y sustentabilidad.</p>
<b>Recomendaciones de adaptabilidad</b>	<p>Además de la aplicación de todas las normas técnicas para los concretos.</p> <p>Garantizar que el equipo ejecutor conoce a cabalidad el sistema.</p> <p>Buscar una inversión adicional para acondicionar un excelente aislante térmico y acústico porque el sistema no lo provee.</p> <p>Verificar el sistema de ventilación cruzada porque los muros de concreto genera condensación, causa de la mayoría de las patologías.</p> <p>Tanto el diseño arquitectónico como el estructural deben garantizar la creencia de la bioclimática que asegure edificios confortables, pero a la vez eficientes.</p>

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

Después de identificar los diferentes sistemas de construcción industrializada convencionales (madera, concreto y acero) y no convencionales (básicos y alternativos) para vivienda de estratos dos y tres que existen en la actualidad en Colombia, Argentina, Brasil, Chile y España se logró diferenciarlos y relacionarlos entre sí; donde se observa que cada país tiene unos parámetros de clasificación de los sistemas de construcción industrializada diferentes. Es decir, para Chile y Argentina la industrialización solo se da en sistemas secos, partiendo siempre del principio de la prefabricación; mientras que en Colombia, España, Brasil la industrialización puede ser además de los sistemas secos, los fundidos in situ.

Los materiales no convencionales utilizados en los sistemas de moldeos continuos: Outinord, Con Tech, Forza, Formesan y Uniespan son elaborados en concretos de alta tecnología donde se comprometen las características físicas, químicas y mecánicas, por los adictivos, haciendo de esta mezcla un material novedoso, gracias a los compuestos que le permiten tener la versatilidad de adaptación a cualquier tipo de formaleta. Los sistemas de construcción industrializada como:

- Mampostería reforzada: muros confinados, de diafragma, parcialmente reforzados y con cavidad reforzada, son los que en la actualidad en Colombia dan respuesta a la construcción de vivienda para poblaciones de estratos dos y tres, pero el uso del material convencional hace del sistema, el más común, el más conocido y el de más bajo rendimiento, por tratarse de mampuestos. Independiente de ser un sistema casi artesanal, es el que menor patología presenta en el desempeño en cualquier contexto.
- Paneles prefabricados: Losas, Dry wall, 3D panel (sistemas livianos manoportantes), y Grandes paneles y Tilt-up son sistemas prefabricados que requieren maquinaria pesada para el montaje, alto rendimiento; pero, no aplican en construcciones de vivienda de estratos dos y tres, porque el costo es muy alto.
- Alternativos: Guadua, son sistemas económicos, que aplican para la zona de alta producción de la guadua como por ejemplo el eje cafetero y aunque la norma de sismoresistencia los contempla hasta dos pisos, no es viable para edificaciones (multifamiliares) en altura de más de cinco pisos.
- Patentados: Royal, Royalco, Servivienda, Casa kit, Corpacasa, Metecno, Speed Co y Colditec, estos sistemas han sido muy rígidos, de poca versatilidad, de alto costo y no se han dinamizado, con el paso del tiempo, lo cual a motivado su desaparición paulatina del mercado.
- Esqueletales: Aporticados con vigas y columnas, sistemas muy costosos porque requiere de una alta inversión en cerramientos (muros interiores y exteriores) acabados y aislamientos de fachada.
- Los moldeos continuos son rápidos, versátiles, se utiliza menor mano de obra, alto rendimiento y materiales de alta tecnología. Adicionalmente, tienen en el panel incorporado el acabado. Requiriendo así menos materiales para la terminación final.

TRAZA

---

Dentro de los moldeos continuos existen otros sistemas como: Wester House, Symons, Efcco y Metalex (EE.UU) que por tener tecnología foránea resulta costoso implementarlos en Colombia.

Por ello, se puede concluir que todos los sistemas se adaptan a los diferentes usos y funciones por los niveles de evaluación tecnológica, la planeación y gestión, el peso, el tamaño, los componentes, los materiales, la mano de obra y el precio, teniendo presente las recomendaciones de adaptabilidad sugeridas en el modelo preliminar, por ejemplo:

- Los sistemas Wester House, Symons, Efcco y Metalex son tecnologías foráneas que se salen de los parámetros de costos para la vivienda de estratos dos y tres.
- Los sistemas Royal, Royalco, Servivienda, Casa kit, Corpacasa, Metecno, Speed Co y Colditec son demasiado rígidos y a la fecha han perdido vigencia y versatilidad para proyectos de vivienda de estratos dos y tres.
- Los sistemas de Muros confinados, de diafragma, parcialmente reforzados y con cavidad reforzada se trabajan en mayor número para estas soluciones con materiales convencionales y sistemas industrializados, pero el montaje es artesanal por tratarse de mampuestos.
- Los sistemas alternativos, no convencionales, como la Guadua son factibles de utilización en las zonas donde se produce este material, dejando por fuera gran parte de territorio nacional.

## Referencias

- Donnell, M. M. (2006). *Manual de construcción de viviendas industrializadas. Prefabricación*. Santiago: s. e.
- Fique, L. (1995). *Diseño e industrialización de la construcción y las circunstancias colombianas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Salas, J. (2001). La industrialización posible de la vivienda latinoamericana. *Revista de Arquitectura Escala*.