



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

El sistema constructivo prefabricado, Adaptación tipológica
a la variabilidad económica en Colombia.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: Campos Herrera, Maria Paula

Tutor/a: Vidal Climent, Ivo Eliseo

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



**EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO,
ADAPTACIÓN TIPOLOGICA A LA VARIABILIDAD
ECONÓMICA EN COLOMBIA**

Estudio de casos

Autora: Maria Paula Campos Herrera

Tutor: Ivo Eliseo

Trabajo de Fin de Máster

2021/2022

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño

MAAPUD

Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Politécnica de
Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que hicieron parte del proceso de aprendizaje, y finalización de estudios del máster.

Agradezco a Felipe Martignon por apoyarme constantemente a seguir adelante y perseverar, aunque en ocasiones vea las cosas difíciles, y por supuesto hacer más agradable el camino de crecimiento personal y profesional día a día.

A mi familia que desde la distancia me transmiten su energía y conocimiento en cada etapa de mi vida, por supuesto, haciéndome saber cada día, que estarán para mí en todo momento.

También a mis profesores de máster que han tenido tanto conocimiento y disposición de ejercer una labor indispensable dentro de la sociedad.

Por último, a mis compañeros de máster y del trabajo, de los que he aprendido constantemente durante los dos años de una nueva vida en este país.

RESUMEN

En las últimas décadas debido, a cambios drásticos como el crecimiento poblacional acelerado o las diferentes estructuras económicas y sociales en las capitales de países latinoamericanos, se ha acentuado el interés por debatir la mejor estrategia para satisfacer la demanda de vivienda que a su vez debe cubrir condiciones habitacionales adecuadas que garanticen calidad de vida. Es en este punto donde la **habitabilidad, optimización de recursos y tiempo**, en lo que refiere a los **procesos constructivos**, se manifiestan a través de una diferenciación de patrones en la construcción y a una aparición de materiales y técnicas heterogéneas.

Una de las estrategias de construcción en vivienda que se ha puesto en el centro del debate disciplinar son los **sistemas de construcción prefabricada**. En este sentido la clasificación de estos, en un nivel de **prefabricación total o parcial** y la utilización especializada de materiales como madera, hormigón, acero, aluminio, y plástico, son la base fundamental para determinar, hasta qué punto y cuál de estos sistemas es capaz de adaptarse a la necesidad de una **variabilidad tipológica** de vivienda requerida en países en desarrollo como Colombia.

Es por ello por lo que este trabajo se centra en el estudio de diferentes sistemas de construcción prefabricada y en algunos casos puntuales

de viviendas unifamiliares y multifamiliares que aplican estos métodos, permitiendo esclarecer el motivo por el cual la construcción entra en un proceso de industrialización, iniciando nuevos sistemas constructivos prefabricados atendiendo aspectos de función, forma, optimización de ejecución, peso y grado de tipificación.

Palabras clave:

Habitabilidad; optimización; recursos; tiempo; prefabricación; sistema constructivo; estratificación; variabilidad tipológica

ABSTRACT

In recent decades, due to drastic changes such as accelerated population growth or the different economic and social structures in the capitals of Latin American countries, the interest in debating the best strategy to meet the demand for housing has been accentuated, which in turn must cover Adequate housing conditions that guarantee quality of life. It is at this point where habitability, optimization of resources and time, in regard to construction processes, are manifested through a differentiation of patterns in construction and the appearance of heterogeneous materials and techniques.

One of the housing construction strategies that has been placed at the center of the disciplinary debate is prefabricated construction systems. In this sense, the classification of these, at a level of total or partial prefabrication and the specialized use of materials such as wood, concrete, steel, aluminum, and plastic, are the fundamental basis for determining to what extent and which of these systems is capable of adapting to the need for a typological variability of housing required in developing countries such as Colombia.

That is why this work focuses on the study of different prefabricated construction systems and in some specific cases of single-family and multi-family homes that apply these methods, allowing to clarify the reason why construction enters a process of industrialization giving

rise to new prefabricated construction systems covering the aspects of function, form, optimization of execution, weight and degree of typification

Keywords:

Habitability; optimization; resources; weather; prefabrication; construction system; stratification; typological variability

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	103
1.1 Objetivos	24
1.2 Justificación	13
1.2 Metodología.....	13
2. ANTECEDENTES	14
2.2 Una aproximación al concepto de prefabricación	14
2.3 Clasificación	23
2.3.1 Estructura	247
2.3.2 Cerramiento	30
2.3.3 Montaje	30
3. MARCOS DE ESTUDIO	31
3.1 Esquema productivo en Colombia.....	31
3.1.1 El entorno	41
3.2 Variabilidad económica en Colombia.....	42
3.3 Empresas de prefabricación en Colombia.....	45
3.4 Tendencia en la prefabricación de Colombia.....	49
3.5 Exploración del concepto en concursos.....	49
3.6 Normativa para prefabricación en Colombia.	51
4. RECOPIACIÓN DE CASOS	54
4.1 sistema constructivo	55
4.1 Adaptación a la estratificación	58
5. OTRO CASO	59

6. CONCLUSIONES.....	623
----------------------	-----

7.BIBLIOGRAFÍA	65
----------------------	----

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Muestra compositiva de la envolvente de la casa eames diseñada por Charles y Ray Eames en 1949.	17
Ilustración 2 Imagen en perspectiva del pabellón de los smithson...	18
Ilustración 3 Imagen interior del pabellón de los smithson ("AlisonPeterSmithson.PabellonUpperLawn.3 - Pabellón Upper Lawn - Urbipedia - Archivo de Arquitectura" n.d.).....	18
Ilustración 4 clasificación de la prefabricación según complementariedad desde antes del ensamblaje en obra.....	23
Ilustración 5 representación gráfica de las etapas de un proyecto...	24
Ilustración 6 Tres sistemas de resistencia a cargas laterales.....	25
Ilustración 7 representación de montaje sistema prefabricado de vigas y columnas	25
Ilustración 8 ejemplo de sistema de vigas y columnas prefabricadas en hormigón.....	25
Ilustración 9 Otto Steidler, viviendas en munich,1947.	26
Ilustración 10 revestimiento prefabricado en concreto (Ejea Jurado José, n.d.).....	27
Ilustración 11 Estructura murario de madera,.....	28
Ilustración 12 detalle estructura en aluminio	29
Ilustración 13 relación entre estructura de pórticos y la envolvente del edificio	30
Ilustración 14 esquema tipos de montaje	31
Ilustración 15 gráfico de los sistemas constructivos más utilizados para construcción de viviendas en las principales ciudades del país. Tabla hecha en base a datos estadísticos del DANE.....	32
Ilustración 16 gráfico de los sistemas más utilizados para construcción de vivienda de interés social en las principales ciudades del país. tabla hecha en base a datos estadísticos del DANE.....	32
Ilustración 17 imagen promoción de vivienda prefabricada.....	34
Ilustración 18 primeras viviendas prefabricadas scala.....	34

Ilustración 19 tipología de vivienda prefabricada scala	34
Ilustración 20 imagen de vivienda con sistema abovedado	35
Ilustración 21 sistema de montaje de boveda.....	35
Ilustración 22 foto de casa en proyecto bachue	36
Ilustración 23 modificaciones de las viviendas por parte de los propietarios.....	37
Ilustración 24 estructuras del proyecto.....	37
Ilustración 25 representación del edificio Bachué.....	37
Ilustración 26 parcelación del proyecto Bachué	38
Ilustración 27 agrupaciones de vivienda TIPO A en manzana.	38
Ilustración 28 Planta baja de la vivienda tipo A	38
Ilustración 29 Planta primera y planta tercera vivienda tipo A	39
Ilustración 30 agrupación de vivienda tipo B	39
Ilustración 31 Plantas arquitectónicas del tipo B.....	39
Ilustración 32 Tipología de vivienda tipo c, agrupación y repetición espacial.....	40
Ilustración 33 fábrica de construcción de elementos prefabricados de la época	42
Ilustración 34 gráficos de repartición de estratos por población en las ciudades principales de Colombia.....	44
Ilustración 35 variables de la estratificación en Bogotá	45
Ilustración 36 sistema prefabricado de muros prefabricados en hormigón	49
Ilustración 37 imagen concurso de vivienda prefabricada	50
Ilustración 38 imagen vivienda concurso Sicmo	50
Ilustración 39 normativa sismo resistente.....	52
Ilustración 40 esquema gráfico sistema montaje de paneles en hormigón con estructura metálica	56
Ilustración 41 esquema montaje vivienda prefabricada con estructura de vigas y columnas metálicas.....	56
Ilustración 42 esquema montaje de revestimiento con módulos en formato pequeño prefabricados.....	56

Ilustración 43 imagen de casa con sistema prefabricado de módulos de pequeño formato en hormigón.....	57
Ilustración 44 imagen de vivienda en altura con paneles prefabricados en hormigón.....	58
Ilustración 45 imágenes del entorno de vivienda unifamiliares	58
Ilustración 46 imagen tipológica de la arquitectura del proyecto.....	58
Ilustración 47 planta arquitectónica apartamento tipo.....	59
Ilustración 48 planta arquitectónica de vivienda en altura.....	59
Ilustración 49 Posibilidad de combinación de los espacios de actividades indispensables.....	60
Ilustración 50 imágenes y gráficos de la estructura y montaje de uno de los módulos.....	60
Ilustración 51 Planta típica y secciones del edificio.....	61
Ilustración 52 imágenes interiores de las viviendas, montaje y fachadas.....	61
Ilustración 53 Cuadro de conclusiones - actuación respecto a variables que se tienen en cuenta en el país para estratificar el territorio colombiano Elaboración propia.....	64

1. INTRODUCCIÓN

Desde 1950 después de la fundación de las naciones Unidas hasta 2011, es decir en 61 años, la población ha crecido 269%. Hoy en día somos aproximadamente 7.700 millones de personas en el planeta, proyectando un crecimiento en los próximos 30 años de 2000 personas, llegando a 9.700 millones en 2050, con la posibilidad de ser 11.000 millones de personas para 2100. Donde el 85.33% de la población corresponde a países en vía de desarrollo a los cuales se les atribuye un crecimiento, producto de migraciones y principalmente a un proceso acelerado de natalidad demográfica que apunta a una urbanización acelerada(NACIONES UNIDAS 2019).

Este crecimiento drástico se ve representado en La escasez de vivienda, La sobrepoblación y la constante evolución en las necesidades la misma, Estos, han sido factores decisivos que han llevado a concluir que estamos en una "Condición Nómada del habitar" (Santamarin Carlos 2017), La cual frente al rompimiento de límites en la sociedad y a una economía en constante cambio, exige productos domésticos urgentes que respondan a nuevas dinámicas. sin embargo, lo que hoy destaca dentro de nuestra arquitectura Latinoamérica, que además es producto de normas políticas habitacionales creadas para satisfacer las necesidades básicas del ser

humano, sigue siendo un ideal de "estabilidad" o un ejemplar de infraestructura permanente.

Situación que se confirma, cuando se alude que la vivienda en el tercer mundo se caracteriza por ser un proceso largo que inicia en la apropiación irregular de parcelas o en la adquisición de esta en pagos a plazos para Luego, llevar a cabo una construcción por etapas, convirtiéndose en un lento proceso de ejecución que puede variar y durar hasta 10 años según la dedicación, capacidad monetaria y ahorro (Flores 1996). Provocando entonces que una gran cantidad de población en el tercer mundo nazca y muera en una vivienda sin terminar (L JULIAN SALAS 2010).

Adicionalmente, si hablamos de una vivienda que no inicia su proceso desde la compra de una parcela, sino desde la solicitud de un préstamo hipotecario para la cuota inicial del inmueble, En Colombia, según (el TIEMPO.COM 2019), durante los últimos 16 años ha habido un importante desgaste en la posibilidad de por parte de los hogares para adquirir una vivienda nueva, teniendo en cuenta factores económicos como los ingresos mensuales, interés de créditos, precios por m2 construido de la vivienda entre otros. Inclusive la vivienda de interés social hoy en día es un 52% más costosa que hace 11 años.

Sumado a estos desfases en el costo de vivienda con respecto al nivel adquisitivo mensual de una persona en Colombia, se encuentra un factor indispensable que está directamente ligado a la calidad de vivienda según la inversión. Este Aspecto se define en este documento como estratificación, Un sistema de clasificación cualitativo y cuantitativo de la vivienda en Colombia, el cual caracteriza y define numéricamente aspectos indispensables de habitabilidad entre otros. En las zonas que se identifican con alto ingreso, las viviendas han sido construidas con altos estándares constructivos que permiten una iluminación y ventilación proporcional a los espacios habitables. Por el contrario, los sectores de bajo ingreso habitan, por lo general, en viviendas autoconstruidas, con sistemas constructivos tradicionales sin garantía estructurales ni ventilación e iluminación consecuente con los espacios.

Entonces es en este punto donde se busca una alternativa que mitigue impactos que deja la segregación cualitativa y cuantitativa de la vivienda en Colombia, potenciando, los conocimientos tecnológicos que se han visto desarrollados en el mundo a través de nuevos métodos y técnicas constructivas de la vivienda.

La intención de este TFM es revisar bibliografía y casos que sugieren diferentes alternativas que afrontan la variabilidad tipológica en un entorno económico cambiante en la arquitectura colombiana. Los

sistemas constructivos prefabricados, han sido el tema seleccionado como vehículo para esta discusión y además porque es un tema que insiste en la obtención de una mayor productividad de recursos disponibles en la actualidad.

1.1 Objetivos

Los objetivos de este trabajo Tras la revisión del concepto y evolución de los diferentes sistemas constructivos prefabricados en vivienda son:

- Identificar los factores diferenciadores que incentivan el cambio del sistema constructivo tradicional al de prefabricación en vivienda.
- Analizar los conceptos y propiedades del sistema constructivo prefabricado y el impacto en Colombia.
- Definir las necesidades de adaptabilidad en vivienda, a partir del sistema de estratificación en el país.
- Estudiar casos particulares de empresas en Colombia que promueven el sistema constructivo prefabricado, entendiendo el tipo de vivienda que ofrecen y como este se adapta o no, a la realidad habitacional.
- Identificar alternativas innovadoras que pueden llegar a ser aplicadas al contexto de estudio.
- Obtener conclusiones sobre si es válido construir con sistemas prefabricados siempre, o en que entornos es óptimo su implementación y si es posible entenderlo como un método de adaptación a la variabilidad económica de la vivienda en Colombia.

1.2 Justificación

En las últimas noticias, La prefabricación en Colombia se ha desarrollado como un intento de habitación racionalista económico que se ha explorado casi siempre desde el campo de la solución de habitares de emergencia (desastres naturales, soluciones rápidas por desplazamiento), lo que genera una disfunción debido a la dificultad en adaptación a las dinámicas culturales de los usuarios.

Los cambios de habitar ponen en tela de juicio las estrategias óptimas para la determinación funcionalista del espacio. Para contrarrestar esta situación actual, se podría abordar el tema desde dos perspectivas, Por un lado, a través de la arquitectura, intentando reflejar la diversidad en los modos de vida a través de la variabilidad tipológica de la vivienda o por el contrario, aceptar la incapacidad de anticipar los modos y transformaciones del funcionamiento cotidiano en la vivienda y responder a las nuevas dinámicas habitacionales desde patrones técnicos y especializados. Como lo puede ser el sistema constructivo prefabricado, el cual, se expone en este documento como un método al servicio de la adaptabilidad, permitiendo potenciar posibilidades de transformación del espacio.

1.2 Metodología

1. Estudio de clasificación de la vivienda prefabricada.
2. Análisis del esquema productivo existente en sistemas constructivos de vivienda prefabricada en Colombia. partiendo del entendimiento de antecedentes en técnicas y tendencias de la construcción en el país durante el siglo pasado.
3. Estudio del entorno en que se desarrollaron proyectos que marcaron tendencia en la productividad de la prefabricación en el país.
4. Inventario y caracterización de las empresas existentes actualmente que se dedican a la construcción de vivienda prefabricada. Definiendo e intentando visualizar la tendencia en el mercado.
5. Estudio de casos puntuales en vivienda prefabricada en Colombia

2. ANTECEDENTES

2.2 Una aproximación al concepto de prefabricación

Para poder estudiar, cómo diferentes sistemas constructivos prefabricados pueden llegar a ser una forma de adaptación a la vivienda en Colombia, se debe valorar el significado del concepto prefabricación. Por lo cual retornamos a la década de 1920-1930, una época en la que hubo una importante aportación y exploración de la técnica, debido a la necesidad de solventar la escasez de vivienda, que se acentuaba tras los conflictos de la época. En este periodo, se caracteriza el concepto como un sistema que parte de la organización y jerarquización de elementos específicos con funciones y características propias, cuyo objetivo siempre sería, la formación de una entidad completa que se crea bajo códigos de combinación encaminados por el orden y la integración (Gropius y Wachsmann 2021).

Estas cualidades que se visualizaron en la época se pueden ver soportadas cuando, (Sant'Elia Antonio 1914) en La arquitectura futurista. manifiesto, propone la prefabricación de nuestras casas, como una inmensa obra que debe responder a virtudes de ligereza, dinamismo, agilidad, en cada una de sus partes, Las cuales responderán a la constante renovación del entorno, y que, además, llegarán a durar menos que nosotros, pero permitirá a cada

generación llegar al producto exacto, el cual será, la representación misma del espíritu. Es en este punto donde entendemos que este proceso complejo de combinación entre partes fabricadas fuera de obra siempre estará ligadas a un contexto, por lo que la escogencia del tipo de sistema prefabricado a usar en una construcción que debe partir minuciosamente del estudio de elementos permanentes del entorno (Cepeda 2013).

“Casas de producción en masa”, es quizás uno de los proyectos más polémico en la historia temprana de la casa prefabricada. En 1923, El arquitecto Le Corbusier, teniendo en mente el objetivo de la producción de viviendas económicas para trabajadores, ofrece en este ejemplar una variedad de diseños para casas fabricadas en masa: La casa Dom-ino en 1914 basada en una estructura de tres losas sostenidas por seis columnas, que remplazaba los tradicionales muros de carga, que, en principio buscaba emplazarlas de manera alineada como un domino sobre la mesa y terminarlas con carpintería, muros y acabados estándar, haciéndola económica y flexible. Seguido del sistema de casas Monol en 1919, con paredes de escombros y cubierta curva en concreto. Luego en 1920, la casa Maison Citrohen, que era dos unidades de vivienda unifamiliar adosadas, soportada por columnas de hormigón (Davis 2005).

Por otro lado, Packaged House en Estados Unidos, fue un proyecto pensado en estructura metálica ligera y cerramientos de paneles prefabricados de madera común de 1 x 3 metros aproximadamente, los cuales podían disponerse de forma horizontal o vertical con el fin de diversificar las configuraciones espaciales. La propuesta de Gropius y Wachsmann en 1940, pretendía que todos los elementos principales del edificio se ensamblarían a partir del mismo módulo, pues la clave estaría en el desarrollo de un sistema de unión que permitiera la múltiple disposición de estos paneles. Estrategia innovadora que para la época insinuaba la necesidad de una producción industrializada que garantizaba rapidez en el montaje y en la producción, simplicidad en la forma y economía en los medios naturales y humanos (Davis 2005).

El propósito de los prototipos de la época era claro, Producir viviendas a partir de sistemas constructivos con una forma productiva centralizada, donde los componentes de la casa deben ser fabricados unitariamente (Llera 2016), es decir producción de unidades habitacionales a partir de sistemas prefabricados cerrados. Sin embargo, Durante las décadas entre 1950-1970 el sistema se desarrollaba en pro de la economía y la necesidad de productos habitacionales rápidos, provocando un modelo estandarizado básico con escasa flexibilidad, luces mínimas para cumplir con las dimensiones adecuadas para su debido transporte, bloques de

tipología lineal que no necesitara movimiento radial de la maquinaria pesada, y poca variabilidad tipológica en los modelos de vivienda, ocasionando una inevitable controversia con la arquitectura (Salas.S 2008).

A pesar de que el Sistema cerrado fuera el más común durante la época de posguerra y mediados del siglo XX, no dejó de ser un método con problemas, por lo que fue el principio de una época en la que se replantean las prioridades en las viviendas prefabricadas. Por tanto, Un esquema productivo descentralizado, es decir un método de producción donde las diferentes partes puedan provenir de fabricantes diferentes y que además puede existir una variabilidad en su composición para lograr un todo, podría llegar a ser la estrategia adecuada que se acopla a las nuevas necesidades de flexibilidad, variabilidad tipológica entre otros. Sin embargo, la creación de un sistema de ensamblaje universal que permita llevar a cabo el sistema prefabricado abierto es lo que (Salas.S 2008), ve como un método complejo que sigue estando lejos del alcance de países desarrollados.

Si estudiamos la evolución que ha tenido el desarrollo del sistema constructivo prefabricado, vemos cómo se transforman los intereses dependiendo de las necesidades que van surgiendo con la evolución del conocimiento, recursos y técnicas. Por ejemplo, pocos años antes de 1850 donde predominaba la técnica artesanal y hasta 1900, las

prioridades dentro de la prefabricación se desarrollan con un objetivo claro. El de satisfacer La amplia y urgente demanda de vivienda provocada en gran parte por los procesos de colonización británica y las recesiones económicas. Por otro lado, y no menos importante los avances en conocimiento y experimentación de materiales como el hormigón y el acero también incentivaron cambios que potenciaron la mecanización.

Durante el periodo de 1900 a 1950 además del auge en mecanización de procesos, El fordismo de la época redirigió el interés de la prefabricación hacia una línea de producción en masa (industrialización) y optimización de tiempos en montaje. Pero a la vez, coincidieron estos cambios con las guerras mundiales, lo que provocó una descualificación en las viviendas prefabricadas. Podríamos decir que este periodo fue el principio de un gran salto tecnológico en la vivienda prefabricada. Contando además con las grandes aportaciones por parte de los paradigmas arquitectónicos del modernismo.

Paradigmas que hoy continúan siendo un digno pensamiento de estudio y entendimiento del sistema constructivo prefabricado, Mientras que en 1946 se buscaba la construcción de 850000 casas para veteranos en menos de dos años, que claramente conllevaba una estandarización constructiva y organización espacial que

garantizara rapidez y economía, aparecen proyectos que basados en la utilización de materiales específicos buscaban ofrecer una personalización del espacio.

La casa Eames durante el periodo de 1945-49 y el Pabellón Solar Lawn, de Alison y Peter Smithson en los años 1959-62, Ambas casas han sido centro de innumerables estudios, para efectos de este documento se resaltará una mínima parte que contribuye a aspectos esenciales en el entendimiento del sistema constructivo prefabricado.

Por ejemplo, en la primera casa dentro de toda magnitud de conocimiento que conlleva su composición, parte de lo atractivo de este modelo es su interacción en la exploración constructiva que se evidencia en la conciliación que ofrece entre la seriación constructiva y la personalización de la construcción en obra, a través de una envolvente hecha en paneles metálicos blancos que se combinan con otros de color formando una composición que a primera vista podría considerarse repetible pero la realidad es que esta composición aporta, según sus creadores, una "herramienta de diversificación"(Ramos Carranza 2012). Entonces, en este punto, el termino de prefabricación carga en sí mismo una connotación en la variabilidad tipológica de la vivienda a través de nuevas tecnologías que enmarcan el gran tema de la envolvente.



Ilustración 1 Muestra compositiva de la envolvente de la casa eames diseñada por Charles y Ray Eames en 1949. ("Licensed-Image (2048x1681)" 2010)

El montaje de la casa a partir de elementos prefabricados de cristal, acero, paneles contrachapados, entre otros, son parte del proceso en la conformación de los espacios habitables, La formación de zonas con dimensiones muy ajustadas y otras con generosidades volumétricas ofrecen una variabilidad funcional que se considera como una respuesta a los cambios sociales que se estaban dando en la segunda posguerra mundial.

Según (Ramos Carranza 2012), a partir de los elementos prefabricados que son implementados en la casa, es posible hacer visible la dimensión técnica debido a la proyección de espacios de doble altura que se asumen sin dificultad gracias a la técnica

implementada. el autor alude que los diferentes espacios de la casa ofrecen cualidades medioambientales que contribuyen al bienestar personal de los que lo habitan, los cuales se logran por la importante decisión de la materialidad y la combinación y disposición de los elementos prefabricados. Entonces dentro de la prefabricación, aunque nunca se dejara de lado la lógica de la ordenación racional en la técnica, siempre debe estar presente la funcionalidad de la vivienda.

Por otro lado, en el Pabellón de los Smithson también hacen de la vivienda un lienzo característico por hacer explícitos los métodos constructivos desde el exterior y adicionalmente por hacer partícipe de la estructura de la casa, elementos preexistentes.

Se concibe la casa a través de una estructura con elementos prefabricados que dan sensación de una pieza ligera constructivamente e incentivan aún más el ideal de casa observatorio. Uno de los aspectos importantes en esta vivienda es la capacidad de hacer espacios interiores sin ningún tipo de transición entre los mismos. Permitiendo casi llegar a un contacto directo con el exterior. (Ramos Carranza 2012) afirma que los espacios interiores se desvinculan de alguna manera de su conformación espacial en razón al sistema constructivo utilizado, ya que la envolvente traslúcida capta toda la atención del habitante. y los elementos prefabricados que soportan la vivienda se desvanecen en la inmensidad visual que

ofrece las grandes fachadas de la casa. En este caso, se diría que el concepto de prefabricación no tiene ninguna contradicción con respecto al entorno, ya que las preexistencias en este fueron utilizadas y hechas participes de la composición de la casa, generando que el espacio producido, adquiriera un significado cultural que en ningún caso podrá negar la existencia de una historia. Por lo tanto, es un caso en el que la tecnología y el lugar trabajan en conjunto.



Ilustración 2 Imagen en perspectiva del pabellón de los smithson. ("AlisonPeterSmithson.PabellonUpperLawn.3 - Pabellón Upper Lawn - Urbipedia - Archivo de Arquitectura" n.d.)

La revisión bibliográfica de estos dos casos descritos anteriormente, aportan al concepto un factor importante que se debe tener en

cuenta, y es que estas viviendas con su sistema constructivo prefabricado hacen uso del concepto de indeterminación espacial. Ofreciendo al habitante la posibilidad de crear circunstancias cambiantes en el interior de la vivienda. Por lo tanto, en este punto en el estudio de la prefabricación, traemos a colación la variante del concepto prototipo. Al respecto, (Ramos Carranza 2012) alude que la relación entre espacios amplios y espacios mínimos puede llegar a ser un método eficaz en la generación de prototipos siempre y cuando se deje una holgura, basada en la indefinición de los espacios.



Ilustración 3 Imagen interior del pabellón de los smithson ("AlisonPeterSmithson.PabellonUpperLawn.3 - Pabellón Upper Lawn - Urbipedia - Archivo de Arquitectura" n.d.)

Mas adelante del año 1970 al 2000 la demanda de vivienda por las guerras civiles baja considerablemente y como en épocas anteriores, la prioridad nuevamente se centró en un enfoque diferente, esta vez, la personalización de la producción. Que coincide a su vez con un factor importante, el cual es la especialización en la técnica y el aumento del costo en la manufactura, lo que animó a continuar con un alto interés en el fortalecimiento de técnicas para construcción en masa. (Smith, Timberlake, and Smith 2010).

A continuación, se hace una línea temporal para identificar los hechos específicos en los cuales se basa la descripción temporal de los cambios y evolución de la prefabricación a lo largo de los años en este documento.

Inglaterra como productor de vivienda prefabricada en madera, cumplió el papel de fábrica dentro del esquema.

transporte en barco

Estructura, techos, pisos y paredes en paneles de madera con aislamiento de lona.

Piezas estandar en hierro para ser montadas en sitio, sin necesidad de mano de obra cualificada

marcos de madera precortados.
revestimiento
con tablas de madera o listones con acabado en tabla de intemperie.
marcos de puertas y ventanas fabricados

postes acanalados, placas de piso y cerchas triangulares, cerramiento con paneles prefabricados.(estandarizados e intercambiables y ensamblaje con una llave estandar.).

implementación de la Estructura de globo en los estados unidos .



Figura 2.1 Estructura Ballon Game en USA. (Artchist, 2015).

se desarrollan laminas de 3x2 pies para garantizar la fácil manipulación
Innovacion del metal. El hierro corrugado se ofrece como material para construcción rapida de techos y apredes.

sistema repetitivo de componentes.
al ensamblar las piezas armadas en fábrica, se logra la construcción de una estructura en esqueleto. Hubo fusión entre la técnica con madera precortada con la tendencia del hierro fundido de la época.

1624

Necesidad de construcción rapida para el mundo occidental.

1790

Hospital prefabricado, almacenes y casas de campo para sidney.

1807

Puente de la compañía Coalbrookdale. Tambien se construlleron 4 barcos de alojamiento.

1820

Británicos envían cabañas de madera a sudáfrica.

1830

Manning portable colonial for emigrants. Un sistema con un tipo de usuario específico que requería inmediatez en el producto.

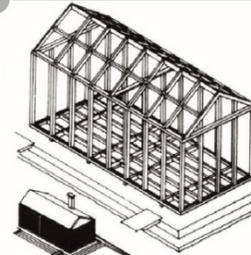


Figura 2.0 esta imagen es representación de la Manning Portable para emigrantes. (Smith y Timberlake, 2010).

1833

Iglesia Santa María, Fort Dearborn

1844

Maquina laminadora de hierro corrugado

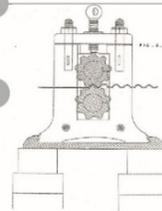


Figura 2.2 maquina laminadora de hierro corrugado. (Smith y Timberlake, 2010).

1851

Crystal Palace en Inglaterra



Figura 2.3 Imagen crystal Palace interior. (Smith y Timberlake, 2010).

sistema constructivo como los barcos de la época. desarmables con instrucciones para ensamblar en obra. se origina el Sistema Readi Cut. (todas las piezas cortadas). Estructura lineal.

\$1,995⁰⁰ and Our FREE BUILDING PLANS

WILL BUILD, PAINT AND COMPLETE, READY FOR OCCUPANCY, THIS MODERN NINE-ROOM \$3,000.00 HOUSE

HOW TO GET ANY OF OUR PLANS FREE FULLY EXPLAINED ON PAGE 2.



Figura 2.5 Aladdin house. (Smith y Timberlake, 2010).

Período que destaca por la producción de casas prototípicas únicas. implementando los sistemas de producción del fordismo.

se implementa el sistema de muro panel sandwich de metal. se contempla posibilidades como ensamblaje en fábrica de componentes provenientes de diferentes cadenas productivas.

El núcleo de servicios refleja la capsula Dimaxión House de Buckminster Fuller. Los prototipos de la época presentaban estructuras de acero y paredes con relleno de vidrio.

Surgen iniciativas por parte de los arquitectos Walter Gropius y Konrad Wachsmann. (Packaged House).



Figura 2.6 Packaged house. (Smith y Timberlake, 2010).

1901

Sistema constructivo de madera precortada como método común entre las viviendas.

1906

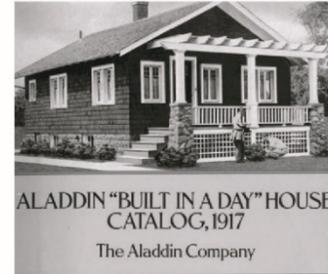
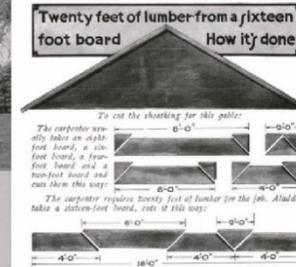


Figura 2.4 Aladdin house. (Smith y Timberlake, 2010).



El proceso de estandarización y producción en cadena de la línea de FORD. fue el punto que impulsó al mercado inmobiliario a ofrecer variedad en calidad y en tamaño de viviendas prefabricadas con menos tiempo y mano de obra para la producción.

1910

1920 - 1930

Depresión financiera y crisis de vivienda.

1932

Se desarrolla el proyecto General Houses, buscaba reflejar en la vivienda la forma en que se había desarrollado la misma. los proveedores para los sistemas constructivos de estas casas provenían de compañías que producían en masa en otras industrias.

1933

- Motohome
- La pierce Foundation ideó un núcleo de servicios con instalaciones previstas.
- American Houses, implementa módulos de servicios en su prototipo de vivienda.
- "House of tomorrow y Crystal House"

1946

Aumenta la demanda de viviendas para veteranos y se busca producir 850000 casas en menos de dos años.(finales de la segunda guerra mundial).

construidas con acero esmaltado prefabricado en el exterior e interior. Sin embargo no se adecuaba a los cambios de temperatura durante las estaciones.



Esta vivienda se contruye con sistema prefabricado pero in situ.

Figura 2.8 Casa en Utahg construcción sistematizada in situ. (Smith y Timberlake, 2010).

Se fabricaron como módulos completos sobre un chasis y se transportaron en camiones a la obra.



Módulo de casa a finales de 1970 de un solo ancho. posibilidad de crecimiento de la vivienda con porches laterales.

Figura 2.8 Casa en Utahg construcción sistematizada in situ. (Smith y Timberlake, 2010).

Hubo un cambio de normativa, lo que llevo a identificar las viviendas móviles como viviendas prefabricadas permanentes.

1948

Producción de casas de acero en fábricas de aviones.



Figura 2.7 Casa Luistron. (Smith y Timberlake, 2010).

1954

Casa móvil : iniciativa para la construcción de vivienda temporal.

1970

Pompidu Centre , Piano/Rodgers



Figura 2.9 Pompidu Centre. (Smith y Timberlake, 2010).

1976

Double Wides fueron introducidas para ampliar las dimensiones y llegasta hasta 28 pies de ancho.

Dentro del proceso de prefabricación vemos como se pasa de una vivienda temporal que cubre necesidades del momento, a una casa remolcable, continuamente a una trasladable que puede ser un container y por consiguiente se acerca cada vez más a unas características y métodos que permiten una independización con respecto al entorno (suelo), e incluso de los materiales autóctonos. En este sentido, cabe preguntarnos actualmente en que punto nos encontramos respecto a la vivienda prefabricada, y ¿de qué manera podremos ofrecer un habitar fundamental y coherente con el entorno a través de los sistemas constructivos prefabricados en la vivienda?

Sin embargo, al ver la evolución de los sistemas constructivos prefabricados y de procesos de lo que entendemos hoy por hoy como industrialización, se puede considerar que el concepto es un largo proceso evolutivo e histórico que tiene gran influencia en todos los acontecimientos económicos mundiales, por tanto no es simplemente una tendencia modernista que nace de la necesidad de buscar economía y rapidez en la vivienda, sino es más bien, un movimiento de gran impacto económico y social en el mundo.

2.3 Clasificación

Cada edificio puede ejecutarse en el taller en vez del lugar final de emplazamiento. En el este, puede planificarse un trabajo racional respecto a la calidad, producción, detalle entre otras. El grado de

prefabricación puede variar partiendo de un 20% hasta un 95%. El detalle está en la definición específica respecto a cada caso sobre el grado de prefabricación que debe llevar en si la construcción, según convenga (Walter Meyer - Bohe 1969).

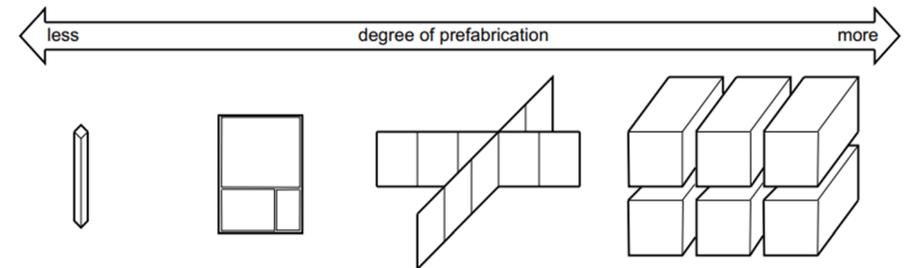


Ilustración 4 clasificación de la prefabricación según complementariedad desde antes del ensamblaje en obra (Smith, Timberlake, and Smith 2010)

Los sistemas de construcción según (Smith, Timberlake, and Smith 2010) se pueden entender a partir de categorías. Por un lado, identificamos los elementos permanentes dentro de los sistemas, es decir El entorno, continuamos con la estructura, el revestimiento, instalaciones, espacio (incluido el mobiliario) y otros aspectos del cual puede hacer parte el montaje.

Según la investigación que se ha hecho respecto a los sistemas constructivos prefabricados se puede ofrecer una metodología de prefabricación en todos los puntos a excepción de la etapa que se relaciona directamente con el entorno (emplazamiento). A continuación, en la figura 3 se identifican gráficamente las categorías

y se clasifican desde el más duradero al menos; sitio, estructura, piel, servicios y espacios.

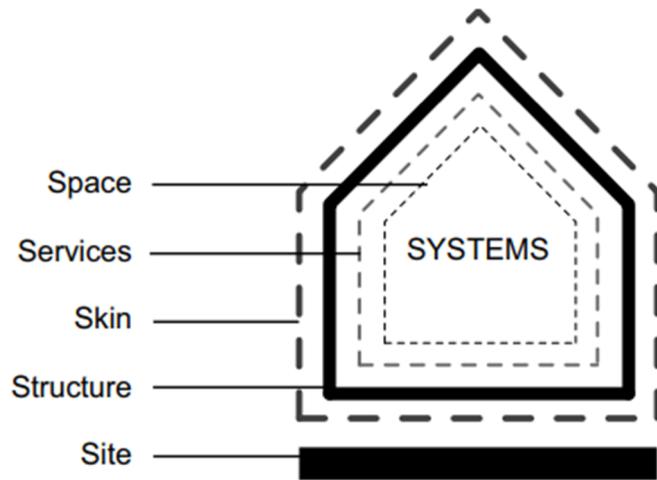


Ilustración 5 representación gráfica de las etapas de un proyecto (Smith, Timberlake, and Smith 2010)

Para efectos de este documento, estudiaremos la prefabricación bajo tres etapas posibles de prefabricación en una construcción de vivienda: estructura, cerramiento y montaje.

2.3.1 Estructura

Se estudiará la prefabricación de la estructura bajo una clasificación que se considera pertinente y simplificada para efectos del trabajo. Por un lado, el sistema de estructura prefabricada puntual, la cual se entiende como un sistema esquelético que funciona a partir de pórticos y vigas. Y por otro parte un sistema lineal el cual puede ser

una retícula dispuesta en forma de línea que puede funcionar a la vez como cerramiento de la vivienda. Para entender estos sistemas se considera necesario la identificación de los elementos que hacen la estructura, y además referir los sistemas de anclaje que puede o no llegar a condicionar la flexibilidad o capacidad de adaptación del sistema.

El sistema que se identifica como puntual en este documento, es esencialmente portador de carga por gravedad, sin embargo, al estar expuesto a la posibilidad de cargas dinámicas, como vientos, sismos o cargas vivas desproporcionales hace que requiera un sistema de anclaje que permita resistencia a una carga lateral. Al respecto (Smith, Timberlake, and Smith 2010), identifica 3 tipos de sistemas resistentes a las cargas laterales: Primero, el marco de arriostramiento que consta de una unión por elementos diagonales de acero en "X" que se pueden soldar o atornillar en el sitio, otro, lo identifica como marco rígido el cual lo caracteriza por ser un método que limita la flexibilidad en cuando adaptabilidad de los espacios en el futuro. Y por último está el muro cortante que se ubica en el vano que deja la estructura

esquelética entre vigas y columnas.

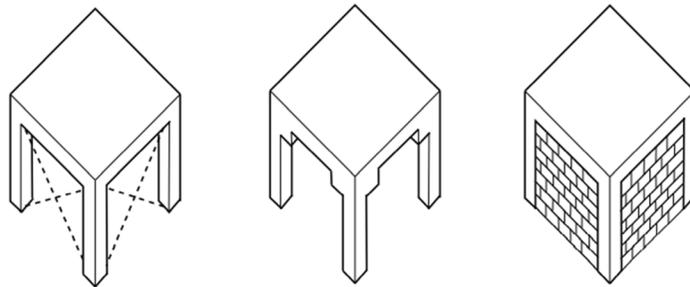


Ilustración 6 Tres sistemas de resistencia a cargas laterales (Smith, De, and Timberlake, n.d.).

Según (Walter Meyer - Bohe 1969) la construcción con este tipo de sistema ofrece una separación entre la estructura y los paramentos verticales, por lo cual, requiere de una variedad significativa de elementos independientes, dicho esto, recomienda utilizarla en edificaciones de gran categoría como equipamientos públicos entre otros. Los materiales utilizados para este tipo de estructura principalmente son en madera, acero o concreto.

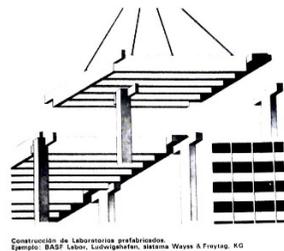


Ilustración 7 representación de montaje sistema prefabricado de vigas y columnas (Smith, Timberlake, and Smith 2010)

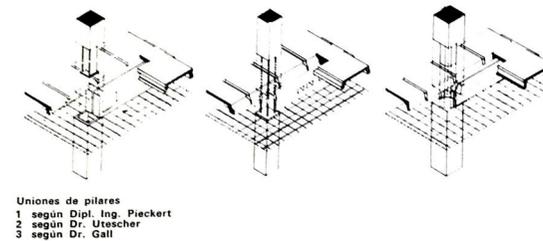


Ilustración 8 ejemplo de sistema de vigas y columnas prefabricadas en hormigón (Walter Meyer - Bohe 1969)

Ahora bien, podemos encontrar este sistema constructivo en diferentes materiales, como puede ser: Acero, Madera Y Hormigón. En la revista Tectónica, (Araujo Ramón, n.d.), Frente al Hormigón en la prefabricación alude a que Las piezas jamás serán únicas dentro de un sistema, por lo que la clave esta en la solución de las uniones las cuales determinarán el éxito del sistema. Según el autor este aspecto se ha manejado a lo largo de los años, con dos opciones: la primera a través de simple apoyo, lo que impediría una construcción con mucho peso debido a la posible inestabilidad, y la otra opción a través de uniones rígidas como placas metálicas soldadas o uniones anticipadas entre las piezas que luego se hormigonan, Según el autor estas soluciones resultan complicadas y muy demandantes a la hora de la ejecución en el momento de trabajo a flexión de las uniones.

Estas técnicas fueron superadas cuando apareció el postensado como método de unión, ya que permitió construir piezas continuas,

pero a través de la unión de elementos prefabricados más pequeños. Lo que su vez incentivo al desarrollo de nuevas metodologías de montaje. Las viviendas de Otto Steidler son un ejemplar en el sistema de prefabricación de elementos apoyados que garantizan una integridad entre la organización del espacio y el sistema constructivo. Este método se caracteriza por partir de la repetición de una célula tipo.

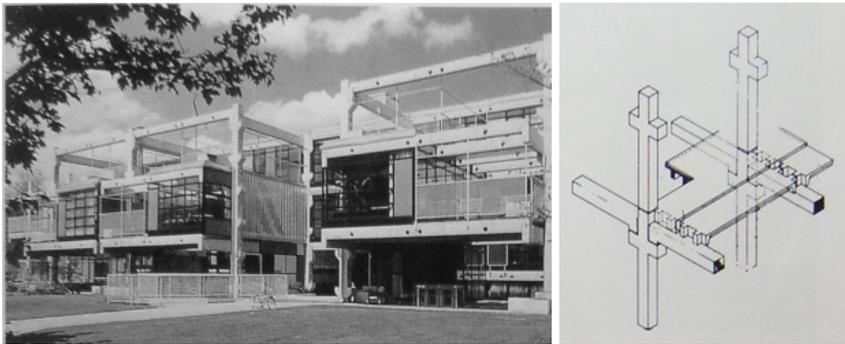


Ilustración 9 Otto Steidler, viviendas en Munich, 1947. (Araujo Ramón, n.d.)

Actualmente vemos una tendencia en las estructuras de tipo esqueleto, las cuales podemos entender como construcciones de entramado pesado, esta inclinación de basa en la reducción al mínimo de su sección, evitando sobredimensionamiento y partiendo del ideal de “disolución de estructura”, por lo tanto, entra a jugar un papel aún más importante las uniones debiendo necesariamente responder a una eficacia hablando en términos de resistencia.

Es entonces cuando en el sistema lineal, que en este documento se interpreta como un sistema murario, según (Araujo Ramón, n.d.) , el tema de las uniones deja de ser un factor condicionante ya que este se solucionaría con un simple cambio de dirección del muro. Por consiguiente, podemos visualizar el hormigón en otra de sus facetas de prefabricación en cuanto al sistema estructural.

Los paneles de hormigón suelen utilizarse a la vez con forjados de tipo alveolar. Los cuales se apoyan mediante grúas debido a su peso. Sin embargo, hay otros casos en que el Hormigón es utilizado de forma parcial en la técnica de la prefabricación, esto con el objetivo de evitar maquinaria pesada y complejos métodos de montaje que elevarían los costos de obra. La revista Tectónica (Ejea Jurado José, n.d.), alude que la implementación de hormigón auto compactante para la fabricación de un sistema semi prefabricado. hoy en día es una interesante opción con la que se han logrado proyectos de alta envergadura. Por ejemplo, describe un creativo sistema de construcción prefabricado. “Arquitectura Vertida” desarrollado por Miguel Fisac con el apoyo de Fernando Sánchez Mora y Sara González. Este método tiene como objetivo dos puntos, por un lado, busca ofrecer al cliente una planta libre de obstáculos de soportes, y por otro lado logra acabados estéticos de hormigón visto al interior y al exterior incluidos los techos. Por lo tanto, la técnica consiste en la

fabricación parcial de una parte del muro. Garantizando paneles ligeros y cómodos en su manipulación. En taller se fabrican las caras vistas de 4cm de espesor de HAC, y también se monta la carpintería acabada, el aislamiento rígido y las instalaciones. "El elemento final es un sándwich hueco, arriostrado por las celosías interiores" (Ejea Jurado José, n.d.)

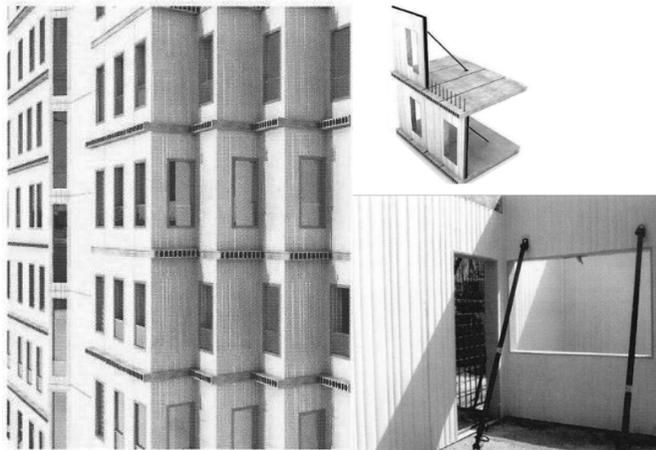
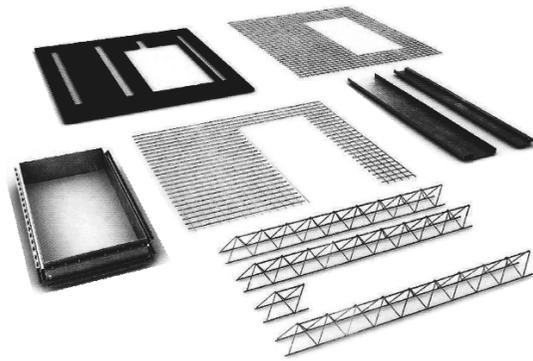


Ilustración 10 revestimiento prefabricado en concreto (Ejea Jurado José, n.d.)

Este caso en particular puede representar una técnica ingeniosa de revestimiento, pero a su vez una semi prefabricación de la estructura del módulo, ya que en obra se espera hormigonar el alma del panel con un ligero HLE 25, el cual tiene propiedades autocompactantes y a su vez ofrece una resistencia mecánica apta para solucionar cargas con espesores no muy gruesos en paneles tipos.

El panel se ubica directamente sobre los hierros que se han dejado con antelación en la planta inferior, luego se apuntala desde la parte interior para luego ser verter el hormigón dejando 40 cm los cuales son indispensables para finalizar el amarre longitudinal. Luego se ubican las placas alveolares en las cuales solo se hormigona la capa de compresión. Y por último se hacen los armados verticales junto a los horizontales (Ejea Jurado José, n.d.).

Como se mencionó con anterioridad dentro de los materiales que permiten la prefabricación de estructura dentro del sistema de construcción en vivienda es la madera. Como menciona (Martitegui Arriaga Francisco, n.d.) en la revista tectónica, este material desde su existencia como base del árbol, ya tiene propiedades de resistencia lo que indica que una vez es extraído ya es posible considerarlo como un material estructural en origen, Por lo tanto, esto implica un menor coste energético para su transformación respecto al hormigón o el

acero. Actualmente el uso del material está dirigido hacia productos prefabricados con propiedades tipificadas.

Según (Smith, Timberlake, and Smith 2010), la prefabricación de pórticos y vigas en madera es un sistema que permite un ensamblaje eficiente en todos los sentidos. Al igual que en el hormigón las juntas también pueden ser fabricadas de metal, este sistema a menudo se combina con paneles que hacen resistencia lateral, además de cerramiento al exterior. En entramados ligeros la madera que suele usarse es la maciza, generalmente tipificadas en escuadrías de 38X89 hasta 45x240mm. La madera aserrada también suele emplearse para armaduras de cubierta a través de uniones clásicas de carpintería (Martitegui Arriaga Francisco, n.d.)a.

El sistema murario en madera hoy en día ofrece la posibilidad de tener un componente completo, incluyendo instalaciones y acabados para su entrega a pie de obra. Según (Martitegui Arriaga Francisco, n.d.) la prefabricación en madera se puede dividir en dos clases: por un lado, los sistemas de sección compuesta y por otro lado los sistemas de sección maciza. La primera se basa en piezas pre acabadas que continuamente son ensambladas a pie de obra para formar un elemento compuesto. Estas piezas no necesariamente deben estar regidas por una modulación estricta.

Luego tenemos las secciones macizas, que por sus dimensiones requieren un sistema de montaje de carga pesada. Estas piezas tampoco requieren de una modulación estricta, por lo que tienen un alto grado de tipificación.

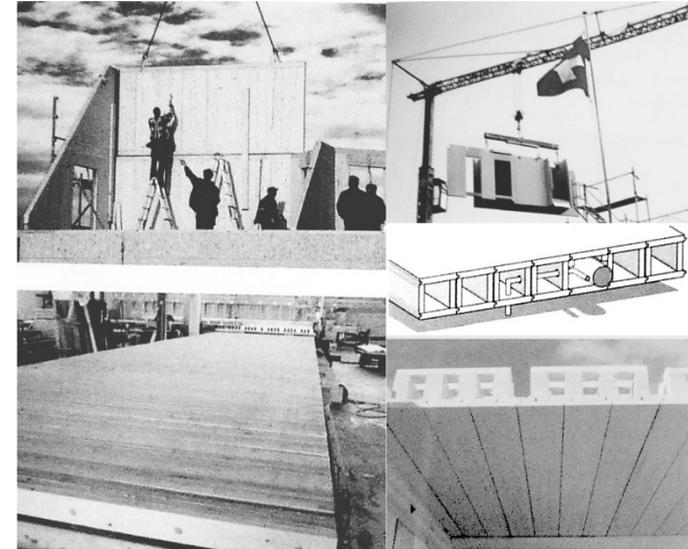


Ilustración 11 Estructura murario de madera, (Martitegui Arriaga Francisco, n.d.)

Como otra opción dentro de los sistemas constructivos prefabricados encontramos las estructuras de aluminio que actualmente no se han visualizado en un cien por cien como una arquitectura permanente competitiva, sin embargo, José Benito Rodríguez en (Ejea Jurado José, n.d.), considera que actualmente los proyectistas ven una oportunidad en estructuras de aluminio a partir de la implementación de "pocos elementos de alta resistencia", Perfiles de acero y uniones

estructura auxiliar como pórticos por lo tanto los muros son los elementos portantes de la vivienda.

2.3.2 Cerramiento

Según (Smith, Timberlake, and Smith 2010), La piel del edificio se puede considerar como el elemento más sobresaliente dentro de la estructura de la vivienda, el cual debe responder a aspectos relacionados con la función, forma, ensamblaje y medio ambiente, logrando un equilibrio en cuanto al impacto en el rendimiento energético al término de su ciclo de vida. El grado en que se puede prefabricar la piel del edificio, está directamente relacionado con la forma en que la piel ventilara, protegerá de la radiación, la conducción, la convección y aislara de los cambios extremos del exterior.

El revestimiento puede ser de madera, vidrio, acero, cerámicos prefabricado GFRC y hormigón. Son hechos en fabrica y se instalan en obra. Estos sistemas por lo general se componen de varias capas que se ensamblan con anterioridad en fábrica y luego se instalan en el edificio o se fija una armadura adicional a la estructura completa, y luego se pone el revestimiento.

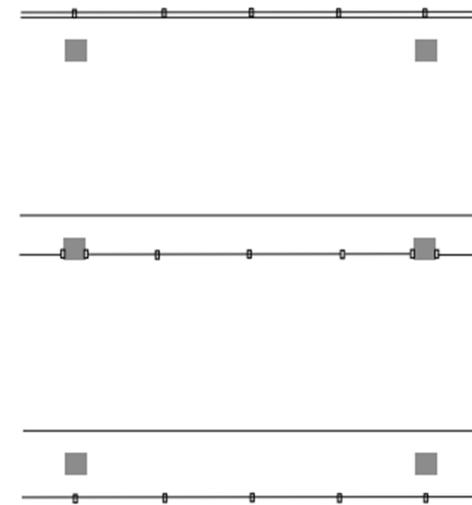


Ilustración 13 relación entre estructura de pórticos y la envoltura del edificio

(Smith, Timberlake, and Smith 2010).

2.3.3 Montaje

El sistema de montaje a base de unidades con elementos modulares básicos iguales, pero con variedad de posibilidades de combinación en pro de llegar a la forma, ofrece una flexibilidad en la conformación de los espacios. Sin embargo, requiere una planificación respecto a la estandarización de los elementos que deberían estar pensados dentro de una retícula tanto horizontal como vertical.

En general, en la revisión de bibliografía se define que los elementos de construcción prefabricados se pueden fabricar fuera de obra como componentes no volumétricos o como unidades volumétricas y así mismo es la complejidad en el montaje.

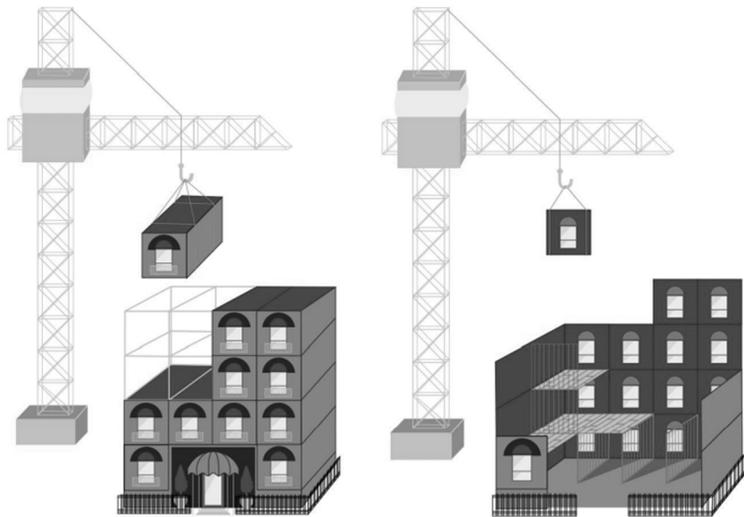


Ilustración 14 esquema tipos de montaje (Wilson James 2019)

Este capítulo permite hacer una revisión respecto a la construcción modular volumétrica en fábrica. La cual se entiende como la fabricación de unidades tridimensionales individuales que forman un espacio cerrado para luego hacer parte del edificio. Por otro lado, la fabricación no volumétrica, (la estudiada mayormente en este documento) se puede considerar como como un sub-ensamblaje ya que necesita de procesos adicionales en sitio por módulo apilado.

Según (Wilson James 2019), el que el sistema constructivo prefabricado a partir de componentes no volumétricos permita una facilidad en su transporte por la capacidad de acomodación, no implica una reducción frente a los sistemas a base de unidades

volumétricas, ya que si bien se reducen costos en el transporte requiere de un trabajo adicional para su ensamblaje en sitio.

3. MARCOS DE ESTUDIO

3.1 Esquema productivo en Colombia

El reconocimiento actual de los sistemas constructivos que se están implementando en el país para la construcción de vivienda, es un aspecto necesario que permitirá entender los cambios y la tendencia que se están implementando para la satisfacción de demanda habitacional en el país.

El departamento nacional de estadística junto con la cámara colombiana de la construcción hace una recopilación estadística de los sistemas constructivos que se han implementado desde el año 2012 al 2022, evidenciando el aumento de metros cuadrados construidos en sistemas constructivos industrializados de los cuales hace parte el uso de elementos prefabricados, sin embargo dentro de este ejercicio, no se encuentra discriminado que tipo de sistema industrializado y si éste, funciona a partir de técnicas de prefabricación o no, por lo tanto se considera que la prefabricación, aún sigue siendo un tema carente de estadísticas claras que permiten identificar el nivel de tendencia e implementación de nuevas

tecnologías.

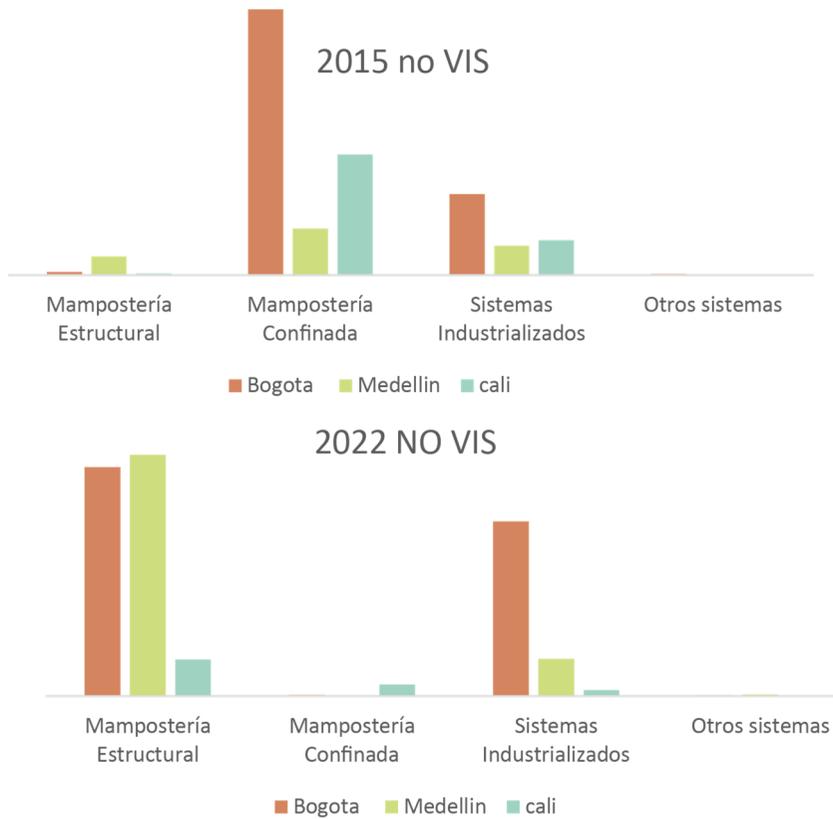


Ilustración 15 gráfico de los sistemas constructivos más utilizados para construcción de viviendas en las principales ciudades del país. Tabla hecha en base a datos estadísticos del DANE.



Ilustración 16 gráfico de los sistemas más utilizados para construcción de vivienda de interés social en las principales ciudades del país. tabla hecha en base a datos estadísticos del DANE

Es importante reconocer que toda construcción desde sus técnicas más antiguas lleva en sí, un grado de prefabricación, podemos estar hablando desde un componente, un volumen o hasta un híbrido que contribuye a la configuración del sistema compositor de la vivienda. (Salas.S 2008) define la prefabricación como el proceso de “fabricar antes de construir”. Por lo que Es determinante dentro del sistema

constructivo prefabricado, el esquema productivo, el cual, se ve influenciado por la aparición de fábricas, talleres o plantas productoras, las cuales encaminan y caracterizan los desarrollos tecnológicos que surgen.

Por lo tanto, (Salas.S 2008) considera que la clasificación en cuanto al nivel de la prefabricación puede llegar a determinarse según el tipo de factorías, Por un lado, considera un tipo de fábrica fija, como aquella que percibe promotores diferentes y en tiempos intermitentes, también su funcionamiento es disperso geográficamente y visualiza crecimiento a largo plazo; invirtiendo recursos en el desarrollo, modernización y ampliación de esta. Otro tipo de fabrica la define como la planta semifija, la cual percibe una demanda centralizada dependiendo del lugar en el que se instale, se caracteriza por tener una organización provisional, por lo que su funcionamiento es corto y busca un beneficio y una efectividad a corto plazo.

Es entonces hasta 1929 cuando en Colombia aparece la primera fábrica de cemento (Fábrica de Cemento Samper), la cual podríamos reconocer como una fábrica fija por su trayectoria de más de 70 años, además de su avance e interés tecnológico e implementación en la prefabricación de baldosas y tubos de drenaje y por ultimo y no menos importante, por hacer parte de la expansión urbana y

constructiva que se da en la capital del país durante los años comprendidos entre 1940 y 1966. Este, es un antecedente indispensable que contribuye el hecho de que hoy en día el cemento y el hormigón representa el 35% de materiales usados en la construcción y por supuesto en la tendencia en avances en sistemas constructivos prefabricados en Colombia.

Si bien; en el sistema de prefabricación, internacionalmente a finales del siglo XX, se encuentran los primeros proyectos de vivienda con paneles prefabricados; en Colombia, en 1950 llega la época en que se inician las primeras construcciones de vivienda con prefabricados, Las casas Scala, un proyecto con sistema constructivo a base de paneles de concreto pretensado, tipo sándwich conformados por aglomerados de viruta de madera, es decir, un sistema de revestimiento prefabricado con una estructura en columnas y vigas metálicas.

Estas viviendas fueron un referente llamativo por el momento, ya que garantizaban obtener la vivienda construida en tan solo 60 días, y lo más llamativo de todo era la seguridad que daban en cuanto al precio estable durante el proceso de prefabricación y posteriormente en el montaje.

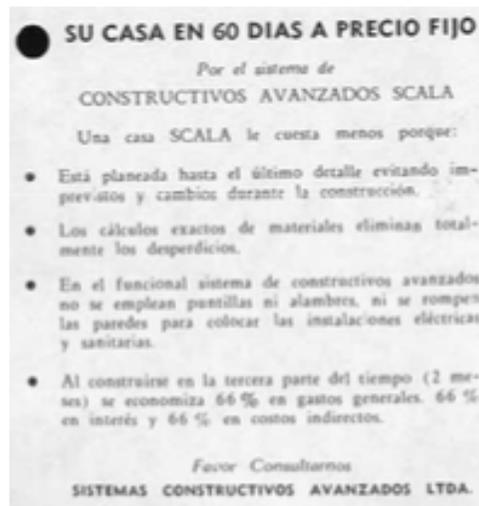


Ilustración 17 imagen promoción de vivienda prefabricada

(García Morales Daniel 2015)



Ilustración 18 primeras viviendas prefabricadas scala

(García Morales Daniel 2015)

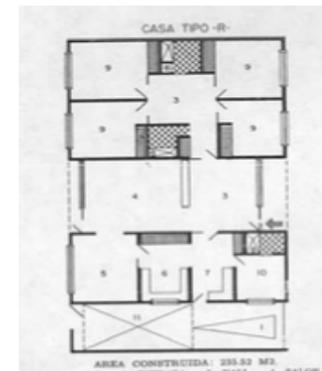


Ilustración 19 tipología de vivienda prefabricada scala

(García Morales Daniel 2015)

Este proyecto de vivienda de la época evidenciaba unos aspectos fundamentales. Por un lado, un producto que iba dirigido a usuarios con capacidad adquisitiva promedio. Ya que se ofrecía las unidades de vivienda hechas en 60 días. Lo que demostraba un interés por los clientes con capacidad de pago rápida. Adicionalmente las primeras casas se ofrecían para la ciudad, lo que indicaba que los usuarios debían tener parcelas en propiedad privada y construir sus viviendas aquí. Se registran 30 casas aproximadamente por año.

Llegado el año de 1952, se da pie para la construcción de un grupo de viviendas que en la época era un referente de nuevas tecnologías constructivas. Sobre todo, porque el arquitecto que traía el sistema constructivo era Álvaro Ortega quien había sido alumno de Gropius en Harvard y, por tanto, conoció el sistema de Hormigón al vacío.



Ilustración 20 imagen de vivienda con sistema abovedado

(Medina, García, and Rodríguez 2019a)

Se propone la construcción de 4000 viviendas unifamiliares, las cuales estaban propuestas para tener partes prefabricadas que fueran ensambladas en obra. El sistema prefabricado de la Vacuum Concrete en Colombia necesitaba de poca maquinaria para su respectivo ensamblaje. “En la práctica, los elementos necesarios son: una bomba de vacío, un tanque de sedimentación y las tuberías que transmiten el vacío a las ventosas”(Medina, García, and Rodríguez 2019b) Al respecto, uno de los colaboradores más reconocidos del sistema constructivo, el arquitecto Francisco Pizano, describe la metodología, la cual también fue implementada para la construcción de fábricas en la época;

¹ (Juan Luis Rodríguez Gutiérrez 2008)

“Todas las paredes se tendían en el suelo, una encima de otra y después con un sistema de ventosa y una grúa las izaban hasta su sitio armándolas como un lego. Ese era el proceso que trajeron a Colombia Ortega y Solano, además de ingenioso, muy económico, ya que reducía el número de formaletas, vaciando todas las partes en el suelo, una encima de otra como una baraja de naipes y se instalaban a gran velocidad.”¹



Ilustración 21 sistema de montaje de boveda

(“INSTITUTO DE CRÉDITO TERRITORIAL | Revista Credencial” n.d.)

Sin embargo, con el tiempo se empezaron a presentar problemas estructurales que en principio se adjudicaban a las uniones entre los

paneles que se consideraban muy angostos para las cargas diseñadas. Adicionalmente en el proceso de carga y descarga de cada pieza existía una alta probabilidad de que se cayera la pieza debido a que entraba aire en la chupa de compresión y el panel de hormigón.(Juan Luis Rodríguez Gutiérrez 2008)

Otro ejemplo representativo en la prefabricación del país es En 1977, cuando surge un proyecto de vivienda de baja altura en Bogotá Proyecto **Ciudad Bachué**, el cual fue promovido por la agencia de vivienda del gobierno nacional, El instituto de crédito territorial (ICT), la vivienda de una única planta fue construidas con un sistema de pórticos y vigas en hormigón y su cerramiento consistía en paneles de hormigón prefabricado y losas de piso. Este proyecto tiene como connotación el hecho de haber sido construido con la intención de ser una construcción progresiva. Es decir, se dotaba a los usuarios de un módulo de vivienda en planta baja que sería construido posteriormente por los mismos propietarios, que, al no tener un sistema de carga pesada, continuarían las viviendas en planta primera con un sistema constructivo tradicional.

El proyecto constaba de aproximadamente 6000 viviendas. Por las que concursaron tres empresas para la construcción. Con el fin de llevar a cabo un sistema constructivo prefabricado, se les permitió readecuar los diseños originales, pero siempre manteniendo

presente una coordinación modular en los espacios mínimos internos habitables de las viviendas. Los sistemas prefabricados propuestos por las constructoras de la época fueron:

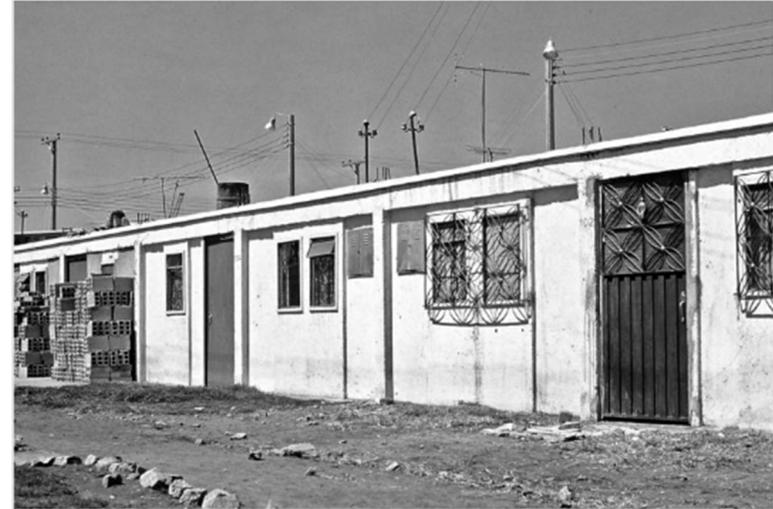


Ilustración 22 foto de casa en proyecto bachue

(Lattke Rodríguez 2019)

1. Sistemas de muros y placa de carga prefabricadas en hormigón.
2. Sistemas de pórticos y vigas con placa liviana prefabricada.
3. columna, vigas y placas prefabricadas con un sistema de Cal y Canto y un revestimiento de mampostería tradicional construida en el sitio (Lattke Rodríguez 2019).



Ilustración 23 modificaciones de las viviendas por parte de los propietarios

(Lattke Rodríguez 2019)

Debido a problemas financieros no se completó el proyecto, dejando aproximadamente 2000 viviendas con solo la estructura ejecutada, Esto provocó que aumentara la libertad desmedida y no planificada de la auto construcción de vivienda, llegando incluso a construirse más niveles de los cuales la estructura estaba calculada a soportar.

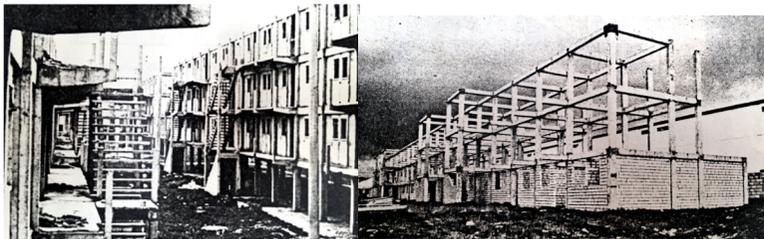


Ilustración 24 estructuras del proyecto

(Lattke Rodríguez 2019)

Por consiguiente, es un proyecto que en un principio se consolidó en la periferia de la ciudad y que, además, como se mencionó anteriormente, es característico por su crecimiento no planificado, cuestión que actualmente despierta el interés en proyectos de investigación para plantear programas de rehabilitación del barrio.

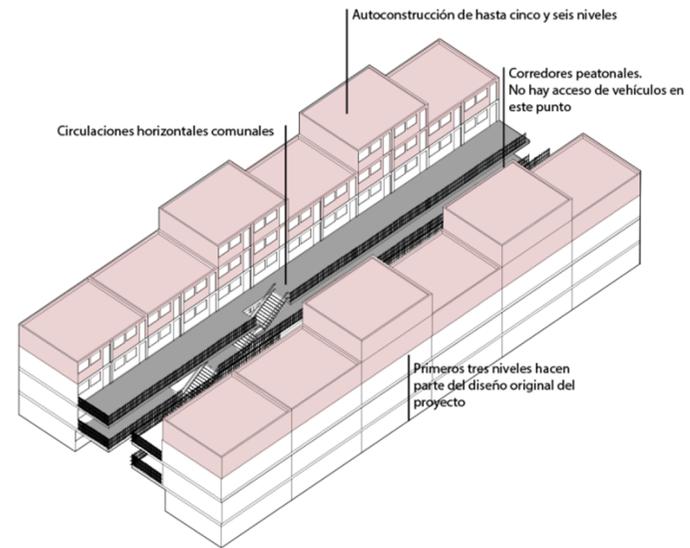


Ilustración 25 representación del edificio Bachué (Gutiérrez David 2019)

Por otro lado, si revisamos el emplazamiento del proyecto, este aspecto también tenía intenciones de ofrecer una metodología de crecimiento en el habitar. Los parámetros de división que se usaron fueron a partir de 4 categorías: la parcela, el super lote, la manzana y

la super manzana, en las cuales se determinaron características cuantitativas de la ocupación del espacio.

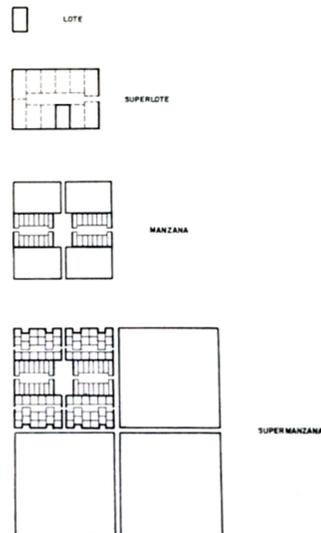


Ilustración 26 parcelación del proyecto Bachué (Lattke Rodríguez 2019)

La parcela donde se ubica la casa tiene una superficie de 64m² y una superficie máxima de 81m², lo que se entiende en este proyecto como el super lote tenía unas dimensiones mínimas de 20 m, y de profundidad de 16 m, permitiendo la construcción de 50 casa. La manzana y la super manzana responde a agrupaciones de super lotes en mayor escala.

Teniendo en cuenta este principio compositivo de en la parcelación de la zona de actuación, el diseño interno de las viviendas también

responde a un modularidad que racionaliza los espacios. La variabilidad tipológica en este proyecto determina por tres tipologías de vivienda: La vivienda tipo A, La vivienda tipo B y por último la vivienda tipo B

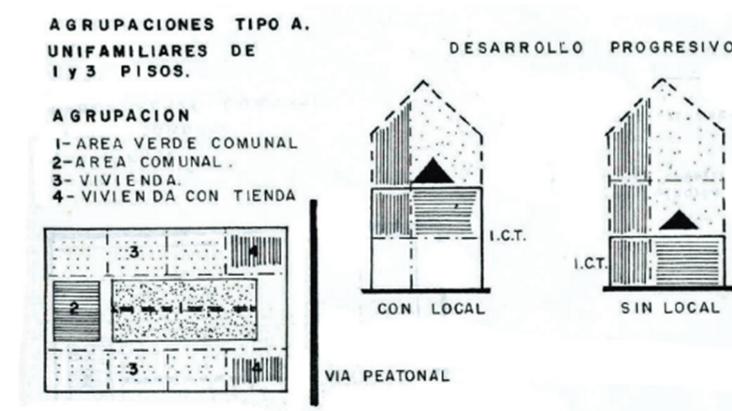
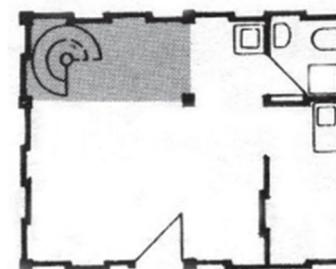
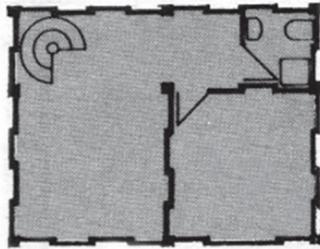


Ilustración 27 agrupaciones de vivienda TIPO A en manzana. (Lattke Rodríguez 2019)

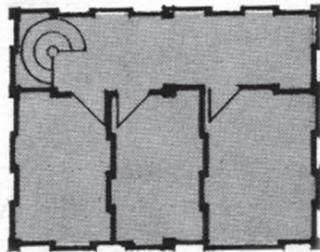


Primera Planta: Vivienda tipo A1. Se entregaba solo la primera planta construida. El espacio de la escalera se entregaba como patio.

Ilustración 28 Planta baja de la vivienda tipo A (Lattke Rodríguez 2019)



Segunda Planta: Progresión de la vivienda tipo A 1



Tercera Planta: Progresión de la vivienda tipo A 1

Ilustración 29 Planta primera y planta tercera vivienda tipo A

(Lattke Rodríguez 2019)

**AGRUPACIONES TIPO B.
BIFAMILIARES DE
3 y 4 PISOS**

- AGRUPACION**
1- AREA VERDE COMUNAL
2- AREA COMUNAL
3- VIVIENDA.
4- VIVIENDA CON TIENDA
5- TIENDA

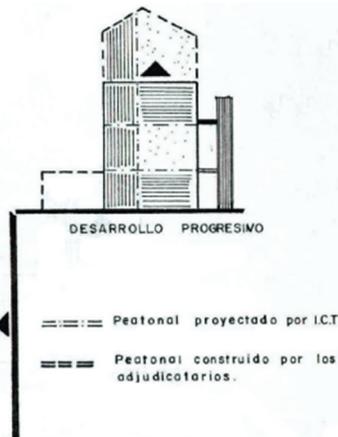
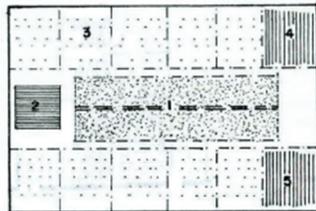
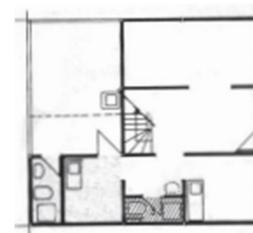
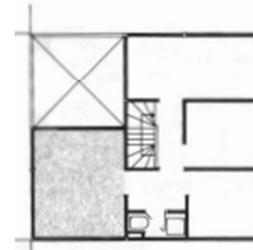


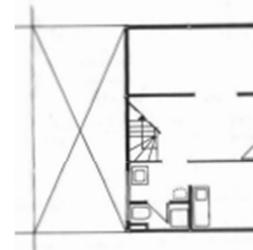
Ilustración 30 agrupación de vivienda tipo B



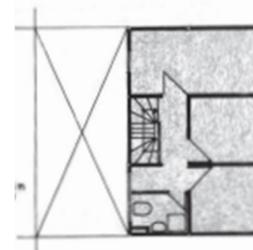
Primera Planta : Vivienda dúplex con acceso en la primera planta.



Segunda Planta : Vivienda dúplex con acceso en la primera planta. En gris, las futuras ampliaciones.



Tercera Planta: Vivienda dúplex con acceso en la tercera planta.



Cuarta Planta: Vivienda dúplex con acceso en la tercera planta. Este piso no se entregaba construido.

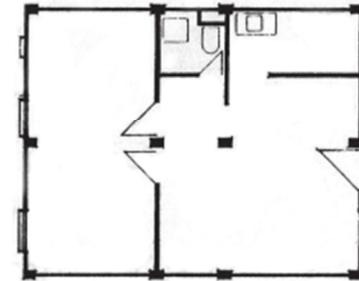
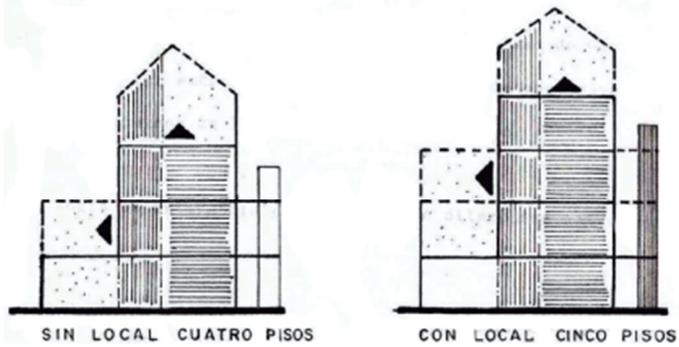
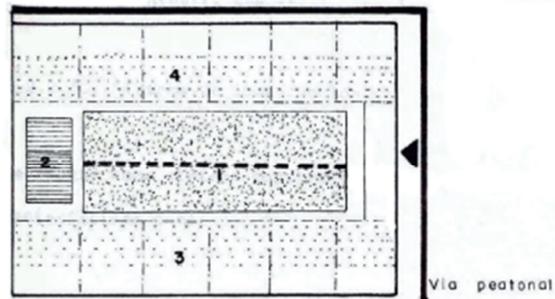
Ilustración 31 Plantas arquitectónicas del tipo B

(Lattke Rodríguez 2019)

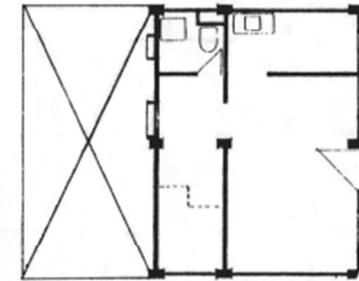
**AGRUPACIONES TIPO C.
MULTIFAMILIARES DE
4 y 5 PISOS**

- AGRUPACION**
 1-AREA VERDE COMUNAL
 2-AREA COMUNAL
 3-VIVIENDA
 4- LOCAL

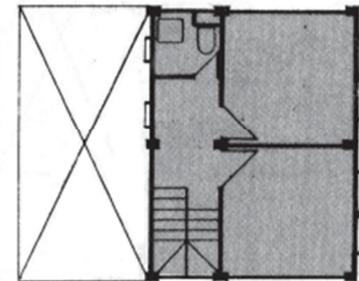
- Peatonal proyectado por I.C.T.
 - - - Peatonal construido por los adjudicatarios.



Primera/Segunda/Tercera Planta: Apartamento sin posibilidad de progresión



Tercera/Cuarta Planta: Vivienda en multifamiliar con posibilidad de progresión vertical.



Cuarta/Quinta Planta: Segundo piso de la vivienda multifamiliar. Este piso no se entregaba construido.

Ilustración 32 Tipología de vivienda tipo c, agrupación y repetición espacial.

(Lattke Rodríguez 2019)

Se considera importante el estudio de casos descritos con anterioridad ya que claramente para efectos de este documento, aporta importación relevante en el desarrollo de los sistemas constructivos prefabricados en Colombia. Además, son proyectos que, a pesar de los inconvenientes actuales de excesiva construcción no planificada, demuestran la posibilidad de la implementación de nuevos sistemas en zonas dentro de un entorno construido. Estos, fueron barrios que se consolidaron y hacen parte de la ciudad a base de viviendas construidas con sistemas prefabricados.

3.1.1 El entorno

Después del reconocimiento del esquema productivo en Colombia a través de la revisión general de proyectos se considera importante hacer una revisión respecto al entorno en el que se desarrollaron los proyectos mencionados con anterioridad.

En 1939 se crea el ICT (Instituto de crédito territorial), Entidad que nace con el objetivo de contribuir al mejoramiento de las condiciones habitacionales, higiénicas y funcionales de la vivienda en el país. A mediados del siglo XX el instituto considera que el desarrollo de nuevas viviendas en serie es la estrategia adecuada para mitigar el impacto negativo de la crisis habitacional del momento causada por:

² (Roa Rojas Margarita 2013)

“Afluencia de las gentes del campo, que buscan las comodidades y la seguridad de las ciudades; b) formación de nuevas familias; c) utilización por empresas industriales y comerciales de casas de familia para dedicarlas a negocios; d) inmigración de extranjeros que pagan un mejor alquiler y desalojan las familias nativas, las que se hacían con sus parientes o amigos; e) escasa construcción de viviendas por motivo de las dificultades de la guerra, carencia de materiales, elevación de los transportes y mano de obra. La necesidad de viviendas urbanas en esa época se eleva a quinientas mil, entre nuevos alojamientos y sustitución de casas antihigiénicas, teniendo en cuenta los datos del censo de habitaciones urbanas, de 1938”².

Teniendo en cuenta estas condicionantes del momento el ICT plantea la construcción de barrios para trabajadores que estén soportados por entidades que incentiven la construcción en serie y la prefabricación, “aprovechando los materiales y métodos que han aparecido con motivo de la crisis de viviendas en Europa y Estados Unidos”³

En un principio, los que se ejecutaron durante los años 70 fueron llevados a cabo en un entorno en el que estaba en auge el asentamiento ilegal. Adicionalmente el sistema de financiación para la adquisición de vivienda era casi inalcanzable en los sectores

³ (Roa Rojas Margarita 2013)

populares y Tras el crecimiento y desarrollo urbano al que estaba sometida la capital del país, se empezaron a tomar medidas “adaptativas” que mitigarían el impacto del crecimiento sin planificación.

Respecto a esto, El sistema constructivo que fomenta el ICT para la construcción de proyectos como Ciudad Bachué entre otros, tenía que aguantar en buen estado durante 20 años, ya que era el Tiempo que duraba el pago de cuotas de amortización de la vivienda. Por lo tanto, en busca de innovación en técnica y materiales se crea un taller de investigación y aplicación de materiales (TIAM), en el cual se empieza a prefabricar vigas en concreto, marcos prefabricados en concreto para fachadas entre otros (Roa Rojas Margarita 2013).

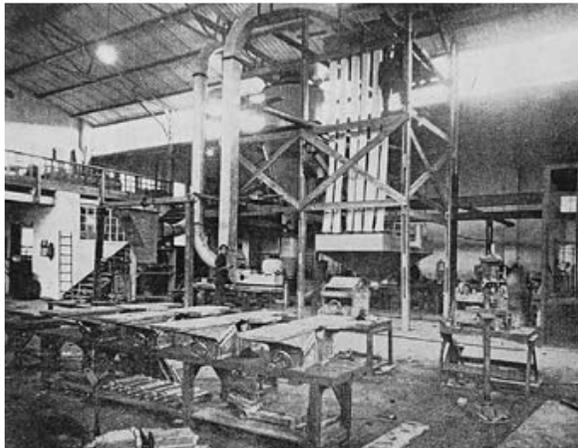


Ilustración 33 fábrica de construcción de elementos prefabricados de la época

(Roa Rojas Margarita 2013)

El (ICT), crea un estudio que se denomina “*Las normas mínimas*”, El cual tenía como objetivo proveer de espacio habitable a la mayor cantidad de personas y por supuesto garantizar la conectividad en los servicios públicos. Las normas fueron:

1. *Aumentar la densidad en las urbanizaciones oficiales para obtener una densidad neta de 0 a 100 viviendas por hectárea.*
2. *Ofrecer viviendas no terminadas, o incompletas y planificar el desarrollo progresivo.*
3. *Construir viviendas individuales de hasta tres niveles de altura.*
4. *Concebir un principio o un sistema de urbanismo simple y fácil de aplicar a todas las situaciones y/o replicable*

Estos 4 puntos son los pilares en los que se basaron las propuestas de estas viviendas, que además fueron proyectadas para ser parte de un entorno urbano construido y enriquecer sectores a escala barrial en la ciudad.

3.2 Variabilidad económica en Colombia

Se considera necesario entender el sentido de lo que en este documento se refiere a **Variabilidad Económica**, por lo que nos centramos en Colombia, donde el proceso de urbanización, como ha ocurrido en la mayor parte del mundo, ha sido en gran medida acelerado. Uno de los aspectos más notorios, son los procesos migratorios de zonas rurales a cabeceras municipales. En 1938 la

población de zonas urbanas era de dos millones y medio, pasando a ser 31,5 millones en 2005. En el periodo de 67 años, la población en ciudades más consolidadas en el país se multiplicó 12 veces, y en el mismo periodo en zonas rurales, la población no alcanzó un índice de crecimiento superior al 1%. Por tanto, la población total urbana, pasó de ser el 29% a ser el 75%. El periodo más contundente fue durante 1951-1964, donde la tasa anual de crecimiento fue del 5,6%.

Durante las décadas comprendidas entre 1960 y 1970, las cuales coinciden con el periodo de mayor crecimiento y migración en las urbes, fueron cruciales en la transformación de la estructura Urbana de las ciudades. Las cuales pasaron de tener una morfología urbana con un crecimiento planificado, a tener bases de expansión en respuesta a asentamientos informales debido a la falta de vivienda para emigrantes nacionales. Esto generó una infraestructura desigual agrupada en dos sectores; por un lado, la vivienda formal que cuenta con todas las disponibilidades en servicios públicos domiciliarios y por otro lado el sector que se desarrolló en un entorno no urbanizado, con conexiones ilegales, escasez de agua, inexistencia de alcantarillado e inestabilidad en el fluido eléctrico, provocando daños en electrodomésticos e incidentes que afectaban directamente la estabilidad de los hogares.

La ventaja de las élites y la pobreza de la clase baja empezó a predominar en las ciudades. Es en este punto donde el Gobierno colombiano decide crear una metodología que permita dar igualdad al sistema de servicios públicos domiciliarios, exigiendo a la clase alta subsidiar el costo de la infraestructura en las zonas donde se acentuaba la población más vulnerable. Por tanto, se crea el decreto 3096 en la década de los sesenta. Una ley que tenía como objetivo establecer un sistema de tarifas diferenciales en las ciudades. Esta clasificación pensaba basarse en los ingresos económicos que percibía cada grupo familiar. Sin embargo, en la época no existía un modo veraz que garantizara con exactitud los ingresos de cada sector, por lo que las empresas y municipios estratificaron las ciudades de forma independiente con bases arbitrarias que en muchas ocasiones no coincidían con la realidad.

Colombia en 1994 decide estratificar la ciudad teniendo en cuenta las condiciones físicas y urbanísticas de las parcelas. Definiendo estratos desde el 1 (más bajo), al 6 (más alto). Las variables por las que se rige esta clasificación son las características de la vivienda y su entorno inmediato y por otro lado el contexto urbanístico de la vivienda. Este proceso lleva a una separación explícita de las viviendas multifamiliares de alto costo y las viviendas de crecimiento progresivo basadas en autoconstrucción o de bajo costo. Esta clasificación determina una variabilidad económica y tipológica en la vivienda del

país que después de casi 28 años continúa diferenciando cualitativa y cuantitativamente (Yunda 2017).

Reparto de cantidades de viviendas ubicadas según estrato, en las ciudades más importantes de Colombia

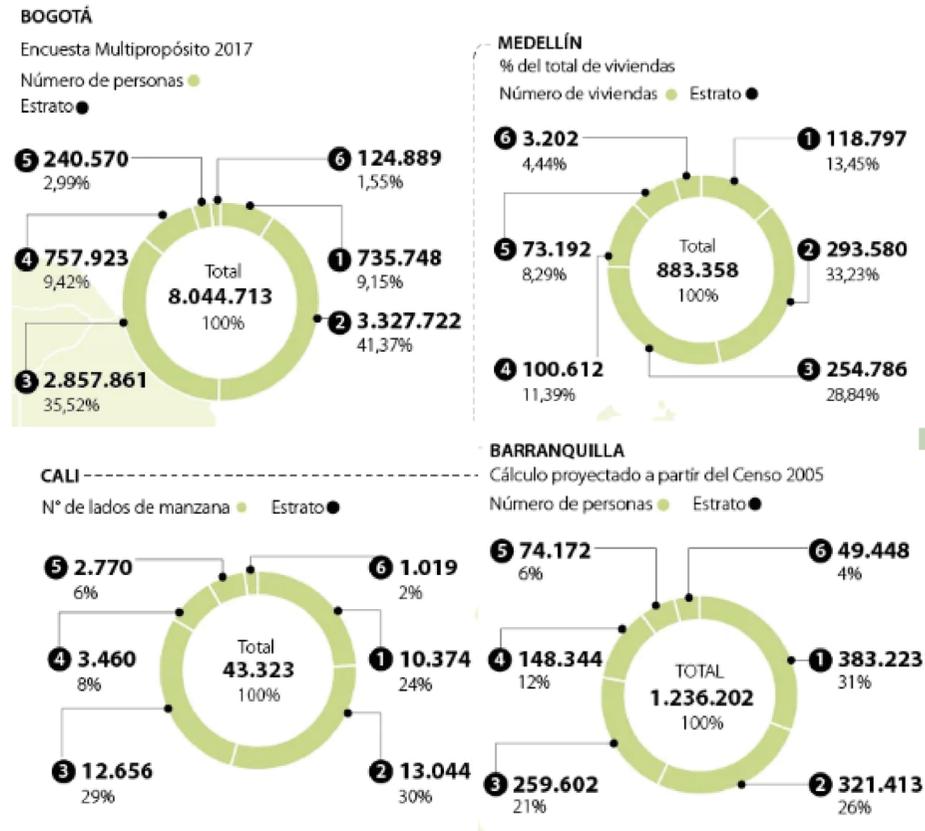


Ilustración 34 gráficos de repartición de estratos por población en las ciudades principales de Colombia.

Factores	VARIABLES	Opciones
Características de la vivienda y el entorno	V1: Existencia de entrada principal en las viviendas del lado de la manzana	Sí No
	V2: Vías de acceso (la calle o la vía de acceso al lado de la manzana)	Sendero o camino Peatonal Vehicular en tierra Vehicular en recebo basto o gravilla Vehicular en cemento, asfalto o adoquín
	V3: Tamaño predominante del frente de las viviendas del lado de la manzana	Hasta 7 metros Más de 7 y hasta 9 metros Más de 9 y hasta 12 metros Más de 12 metros
	V4: Andén (predominancia en el lado de la manzana)	Sin andén Con andén sin zona verde Con andén con zona verde
	V5: Antejardín (predominancia en el lado de la manzana)	Sin antejardín Con antejardín pequeño Con antejardín mediano Con antejardín grande Sin garaje ni parqueadero Con garaje cubierto usado para otros fines Con parqueadero o zona de parqueo
	V6: Garajes (predominancia en el lado de la manzana)	Con garaje adicionado a la vivienda Con garaje sencillo que hace parte del diseño original de la vivienda Con garajes dobles o en sótano En guadua, caña, esterilla, tabla, desechos
	V7: Material de las fachadas (predominancia en el lado de la manzana)	Sin cubrir - adobe, bahareque, tapia pisada, placa prefabricada, bloque o ladrillo común En revoque - pañete o repello - sin pintura En revoque - pañete o repello - con pintura Con enchapes, en ladrillo pulido o en madera fina

Factores	VARIABLES	Opciones
Características de la vivienda y el entorno	V8: Material de los techos (predominancia en el lado de la manzana)	Desechos, telas asfálticas o pedazos de tejas Placa de entrepiso Terraza, azotea o cubierta sencilla Lujosa u ornamental Zona de pobreza Zona de tolerancia Desarrollo progresivo sin consolidar Deterioro urbanístico Industrial Desarrollo progresivo consolidado
	Contexto urbanístico	Zona por criterios de hábitat a la cual pertenece la manzana Comercial predominante Residencial intermedio Comercial compatible Residencial exclusivo Residencial de baja densidad Institucional Lotes y otros sin vivienda Zona verde

Ilustración 35 variables de la estratificación en Bogotá (Yunda 2017)

3.3 Empresas de prefabricación en Colombia

Tratar de delimitar el perfil de la empresa colombiana dedicada a los sistemas constructivos prefabricados puede llegar a ser una tarea ociosa, sin embargo, Se ha hecho un inventario de las empresas operativas que ofrecen servicios para la construcción de vivienda de 1 y dos pisos con sistemas de construcción prefabricada (Ver anexo1) en las principales ciudades del país, En este caso en Bogotá y Medellín. Se considera oportuno dividir estas empresas en dos grupos; las

empresas que se dedican a la construcción de viviendas unifamiliares de dos y tres plantas y las empresas encargadas de construcción de vivienda en altura, con sistema de producción en masa, por lo que estaríamos hablando de empresas que proyectan a una prefabricación industrializada. a continuación, se plantean rasgos concluidos de la investigación sobre vivienda prefabricada según (L JULIAN SALAS 2010):

1. Como se mencionó anteriormente se puede dividir en dos la industria de la prefabricación en Colombia. Uno de estos grupos es la empresa constructora privada que abarca el sector de vivienda y otros usos como los comerciales o educativos. Estas empresas tienden a abarcar la dirección de todo el proceso de proyecto, producción, transporte, montaje, acabados y promoción.
2. El sistema ha sido incorporado hace menos de 20 años en construcción de vivienda habiendo empezado con la construcción de estas en zonas rurales en donde la normativa puede llegar a ser flexible y adicionalmente no se requiere de decisiones importantes con respecto al entorno construido.
3. Predomina el sistema constructivo prefabricación en hormigón armado y a su vez se utilizan sistemas tradicionales para el revestimiento, la cubierta y cimentación.

4. Las empresas incorporan materiales e instalaciones no tradicionales y adicionalmente combinan la técnica con la prefabricación de moldeo racionalizado in situ de losas y pequeños módulos estandarizados.
5. En cuanto a la producción, las empresas que se dedican a las viviendas de 1 y 2 plantas poseen una planta fija de dimensiones y costes de maquinaria moderadas y realiza el montaje mediante medios auxiliares, equipo de elevaciones livianas o un montaje manual.
6. El montaje manual se da por mano de obra no especializada en la mayoría de los casos.
7. Las constructoras que se dedican a la vivienda en sistemas prefabricados tienden a implementar sistemas en vivienda de bajo costo.
8. El nivel de prefabricación que se usa en empresas de vivienda unifamiliar es moderado, es decir solo se implemente una prefabricación en cuanto al revestimiento. y el avance tecnológico en realidad esta más enfocado a rapidez a través de aumento dimensiones de las piezas.

Nombre de la empresa	Ciudad	Descripción del sistema utilizado			Tipo de vivienda
		Estructura	Cerramiento	Montaje	
Casas Cypres	Medellin Bucaramanga Cali Bogota Barranquilla	Estructura lineal en perfilera en madera o acero galvanizado	paneles prefabricados en concreto	Montaje por cuadrilla, 5 personas tiempo de montaje, dependiendo de los metros cuadrados	Viviendas rurales de 1 o 2 pisos.
Dinamicasa	Medellin	Estructura lineal en perfilera en madera o acero galvanizado . Se utiliza estructura auxiliar para porches.	1. paneles prefabricados de Hormigón ensamblados mediante anclaje.	1. para el primer sistema, se requiere maquinaria liviana para respectivo montaje. 2. Para los sistemas con bastidores se requiere de cuadrilla de trabajadores para el respectivo ensamblaje.	Viviendas rurales de 1 o 2 pisos.
Modulares Medellin	Medellin	1. Puntual de vigas y columnas en madera	1. paneles prefabricados de Hormigón ensamblados mediante anclaje/ Palca de concreto ranurada.	Montaje manual	Rurales de 1 o 2 niveles.
Crea casa	Medellin	1. Puntual de vigas en acero	1. cerramiento con pequeños modulos de ladrillo	Montaje manual	Rurales de 1 o 2 niveles.
Prefabricados modulares su hogar	Bogota, Duitama, Villavicencio	disposicion de perfiles metálicos de forma lineal	Cerramiento modular prefabricado de hormigon,	Montaje manual /secciones estandarizadas, que son fabricadas con antelación y posteriormente enviadas a su ubicación definitiva para su ensamblaje final	Rurales de 1 o 2 niveles.
Elite Prefabricadas Premium casas y prefabricadas	Medellin	disposicion de perfiles metálicos de forma lineal	Cerramiento modular prefabricado de hormigon,	Montaje manual	Rurales 1 o 2 niveles.
Prefabricados Hacer Vivir	Bogotá.	Estructura metalica lineal	Paneles autoportantes pref. En concreto reforzado, uniones con perfiles en lamina galvanizada. Elementos ajustados con sist. De amarre superior	Acabados en obra gris. Construccion en madera . Se requiere 2 personas para montaje.	Rurales 1 o 2 pisos
Vimo SAS	Medellin Bucaramanga	Estructura metalica lineal	con cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Montaje manual	Rurales 1 o 2 pisos y sotano.
Casa Full	Medellin	Perfiles galvanizados c. 24 con andajes S.R. tanto verticales como horizontales arriostrados en la parte superior a nivel de enrase con perfil de amarre en el remate o cinta de culata, sirve de ensamble de las placas o módulos de concreto. Mampostería : Muros en placa de concreto de 3 cm, construida con triturado de cantera de 1/2 y arena de concreto. Cubierta : Teja de barro, la madera utilizada es de varias dimensiones: Cargueras en 4" * 8", largueros 2" * 5" y 2" * 4". Correa de amarre como sobre-muro en 3 * 3 cms tabillita machihembrada e impermeabilización. Entrepiso para dos niveles : Estructura en maderas de fibra dura, cruda (sin inmunizar), tabillita sapan o pino, cargueras en 4" * 8", Alfardas en 2" * 5" ó 2" * 6".	con cerramiento en bloque de hormigon, Metal, madera o aluminio.	Montaje manual	Rurales 1 y 2 pisos.
Construcol	Bogotá.	Steel frame o perfiles de acero galvanizado lineal.	puerta principal y ventanas en madera roble o aluminio anodizado y las puertas habitaciones y baños en triplex.	Montaje manual	rural de 1 o 2 pisos
Casas Prefabricadas Colombia	Bogotá.	Cerramiento modular prefabricado de hormigon, con disposicion de perfiles metálicos de forma lineal	as paredes de la casa se construyen mediante placas de concreto que ya vienen prefabricadas en 5 distintas medidas y formas. Ensamble mediante perfiles metálicos, las placas prefabricadas se ensamblan mediante perfiles metálicos de alto calibre sobre la placa de cimienta previamente elaborada	Ensamblaje total en obra gris. Placas de concreto estructural - placas de 3000psi, portantes, Montaje manual	Rulra 1 o 2 pisos
Construcasas	Medellin	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	Cerramiento modular prefabricado de hormigon,	Montaje manual	Urbana o rural. 1 o 2 pisos
Haus	Medellin	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	Construccion en madero, hormigon o acero.	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Innova Casas	Cali	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	Construccion en madero, hormigon o acero.	Montaje manual	Rurales 1 o 2 niveles
Wood pecker	Bogotá.	estructuras metálicas de acero estructural galvanizado en caliente, ofreciendo también construcciones en el sistema interlocking (o de traba).	interlocking o de traba ,Muros y pisos en WPC, ventanas en aluminio y cubierta en pvc. Material con apariencia similar a la madera y con ventajas considerables, bajo mantenimiento, no se astilla, no es combustible, no requiere pintura (ya tiene acabado / color). Nuestros perfiles para muros y pisos, ya modulados, se ensamblan fácilmente a las	Montaje manual	

Nombre de la empresa	Ciudad	Descripción del sistema utilizado			Tipo de vivienda
		Estructura	Cerramiento	Montaje	
Armotel	Ibaguè	Perfiles en acero galvanizados en forma lineal anclados a cimentación con cerramiento en bloque de hormigón.	Plaquetas en concreto, uniones en perfil de lámina galvanizada, Estructura de cubierta en cerchas metálicas de 1,5" x 3" cal. 18. Cubierta en teja de fibrocemento. teja de barro, fibrocemento, termo acústica, arquitectónica tipo zinc. Perfilera en lámina galvanizada con espesor 0.43. Ornamentación en lámina roll calibrado 20, doblada	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Movillaria	Bogotá	Cerramiento modular prefabricado de hormigón, con disposición de perfiles metálicos de forma lineal		Casas modulares con maquinaria	Rural 1 o 2 niveles
ABCasalista	Bogotá	Perfiles en acero galvanizados en forma lineal anclados a cimentación con cerramiento en bloque de hormigón Estructura De Refuerzo En Madera Pino o perfil metálico. Cubierta en Teja De Barro con cielo raso en madera o fibrocemento .	Obra gris: Paneles De Concreto de 300psi Ornamentación Puertas Y Ventanas metálicas También Se Puede Emplear Materiales Para Ventanas Como Madera Y Aluminio Teniendo En Cuenta Que Se Debe Reforzar.	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Prefabricada	Bogotá	Cerramiento modular prefabricado de hormigón, con disposición de perfiles metálicos de forma lineal	con cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Sistema modular, ensamblaje mano portante de panel de concreto. Acabo en o. bris o blanca.	rural o urbana 1 0 2 niveles
Ara	Bogotá	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	con cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Multicasas	Barranquilla Bogotá	estructura puntual metálica de vigas y porticos con	modulos de concreto utilizados para cerramiento	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Casa ya	Medellin Guarne Bucaramanga	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	modulos de concreto utilizados para cerramiento	Montaje manual	Rural 1 o 2 niveles
Prefabrihouse	Bogotá	Perfiles en acero galvanizados en forma lineal anclados a cimentación	cerramiento en bloque de hormigón.		Rural 1 o 2 niveles
Construexpres	Jamundí	Casas en madera y concreto. Entrepisos en madera. Pasamanos en madera. Viga de amarre perimetral en madera. Cerchas de cubiertas en madera. Puertas y ventanería en madera o metálica. Estructura metálica y perfilera galvanizada. Techo en eternit solo o sobrepuesta teja de barro, tejas termoacústicas o tejas metálicas gravilladas	Muros de 3.5 cms, Perfiles y vigas de amarre en lámina galvanizada o metálicas. Anclaje de cimentación: Fijación del durmiente al hormigón se realiza mediante varilla de acero rosca.	Modulares desmontables. Estructuras de muros autoportantes. Cimentación para madera: Estructura mixta de vigas de hierro y muros de bloque de hormigón, sobre zapatas aisladas y/o zanjas corridas de hormigón	Urbana Rural 1 o 2 niveles .VIS
Prefabricados modulares	Medellin Bogotá, pereira, cali.	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Montaje manual	Rural y urbano 1 y 2 niveles
Su casa	Bogotá	placas de concreto "Fibrocemento" de 3.3 cm. Placa flotante de 8 a 10 cms . Estructura: autoportante. Muros 3.3 cms marco puerta: calibre 22. Perfilera: lámina de acero galvanizado. Cubierta: tubo rectangular de hierro o madera. 2do piso: madera o placa facil	con cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Montaje manual Transporte en camion, planchon o avion. Las placas de concreto se unen y se ensamblan con un Sistema de perfilera en acero galvanizado.	Rural 1 o 2 niveles
Ferroepa	Tuluá	Sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.			Rural 1 o 2 niveles
Casas JB	Cali	Perfiles en acero galvanizados en forma lineal anclados a cimentación	plaquetas de concreto prensado, unidas por rieles de lámina galvanizada.	Montaje Manual	Rural 1 o 2 niveles
Gessa	Funza, banyan way (USA)	con disposición de perfiles metálicos de forma lineal. Y perfiles de acero galvanizado dispuestos en forma lineal anclados a cimentación. Y sistema estructural lineal de perfiles e acero galvanizado. Y vivienda contenedor.	Cerramiento modular prefabricado de hormigón,	Panelizado: In situ se instalan, puertas, escaleras, gabinetes, pintura etc. Precorte: Incluye paso a paso de armado para ser montado por cliente. Contenedor: completamente listo para transporte en camion. Modular: Fabricación y posterior transporte a lugar de instalación. Modulos ya tienen elementos como escaleras, armarios, puertas etc.	Rural 1 o 2 niveles
Modularq	Bogotá, Barbosa, Bucaramanga, Montería.	Estructura metálica lineal con cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto.	Placas de doble de grosor al prefabricado tradicional	Montaje Manual	Rural 1 o 2 pisos.
Arhe	Medellin	Cerramiento en sistema de modulos prefabricados de hormigón con disposición de perfiles metálicos de forma lineal.	Peneles osb- yeso-aislantes	Steel framing /manual	Rural 1 o 2 pisos.
Constru casas	Medellin Bogotá	sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto Modular muros de 5cm de grosor sin perfilera	Montaje Manual	Rural 1 y 2 niveles
Crea casa	Medellin	Estructura metálica lineal con y sistema estructural lineal de perfiles en acero galvanizado.	cerramiento en módulos prefabricados de hormigón visto Modular muros de 5cm de grosor sin perfilera	Montaje Manual	Rural 1 o 2 pisos

3.4 Tendencia en la prefabricación de Colombia.

Con la documentación recogida y la investigación hecha respecto a la existencia y tendencia actual de los sistemas constructivos prefabricados, se puede considerar que:

1. La innovación tecnológica en los sistemas constructivos prefabricados apenas empieza a surgir en vivienda en altura, y como plan piloto se parte de las viviendas de bajo costo.
2. A finales de septiembre del año 2022 la empresa Argos, el líder absoluto en producción de concreto y cemento en Colombia, abre la primera “planta industrializada de soluciones modulares en concreto”. Eso implica un alza en construcción de vivienda en altura con sistema de muros prefabricados en hormigón.



Ilustración 36 sistema prefabricado de muros prefabricados en hormigón (“PREFABRICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN CONCRETO - 360 EN CONCRETO” n.d.)

El sistema constructivo Off - Site ofrece alternativas modulares a través de elementos individuales que serán fabricados en instalaciones fijas o móviles para luego ser montados en obra. Con este sistema al trasladar las actividades críticas dentro del abanico de actividades en la construcción de vivienda, se agilizarán los procesos constructivos puesto que no habrá elementos exteriores que afecten las productividades de la construcción es decir siempre se tendrá un proceso controlado en la fabricación. El ideal de la empresa es llegar a la construcción de 500 viviendas en los tres meses que quedan del año.

3.5 Exploración del concepto en concursos.

Por otro lado, al revisar lo que esta pasando respecto a los sistemas constructivos prefabricados y el entorno en el que se busca su desarrollo e implementación, se ha encontrado la intención de concebir estos, como estrategias de adaptabilidad a la variabilidad de la vivienda en Colombia, partiendo de la fase inicial, es decir desde la concepción de función y forma en proyectos habitacionales.

En el foro de sostenibilidad de 2019. En el marco del acuerdo colaboración para para la promoción de la construcción sostenible en Bogotá, se expone el proyecto prototipo de vivienda rural sostenible y productiva para el DC. Un modelo de vivienda de 55m² en el cual se plantea la opción de crecimiento progresivo hasta llegar a los 300m²

construidos. Dentro de la idea general, se concibe como un modelo de vivienda compacta que alberga dentro de sus actividades diarias, la producción almacenamiento o tratamiento de recursos alimenticios de la zona. Este proyecto contiene múltiples aspectos dignos de estudiar, sin embargo, para efectos de este documento solo se resaltaré lo que aporta a los sistemas constructivos prefabricados.

En este caso específico, aunque no se concibe la casa en su totalidad a través de sistemas constructivos prefabricados, parte de su estructura se plantea como un armazón de madera que configura una gran cascara que encierra el conjunto habitacional y que, por sus dimensiones, promueve las transformaciones del espacio interior. también la implementación de muros de madera en seco proporciona ventajas al proyecto con respecto al montaje disminuyendo su peso y permitiendo un montaje manual por parte de los mismos propietarios.

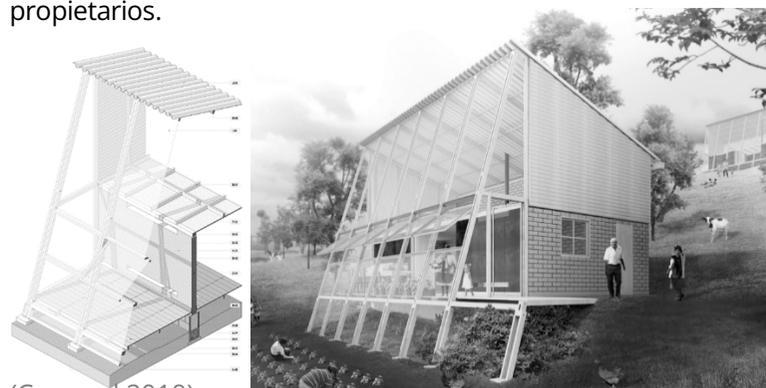


Ilustración 37 imagen concurso de vivienda prefabricada

Otra propuesta a revisar sería el proyecto Sicmo VR. En la zona de Bolívar Colombia se proyecta un prototipo de 32 m², En el proceso de diseño se pretende dejar la estructura vista al interior, esta decisión tiene como objetivo incentivar al usuario a la apropiación del espacio interior utilizando la estructura en perfiles metálicos vista como soporte de elementos de decoración.

Se plantea la casa a partir de dos módulos en estructura metálica que al unirse ofrecen al proyecto espacios intermedios semi abiertos y que además facilita el transporte por tierra y agua, permitiendo llegar a lugares remotos sin conectividad adecuada. En este prototipo de vivienda se visualiza el sistema constructivo prefabricado a través de la concepción de módulos habitacionales de vivienda casi completos. Los cuáles serán transportados por camiones y serán montados a través de vehículos de carga pesada.



Ilustración 38 imagen vivienda concurso Sicmo (Camacol 2019)

3.6 Normativa para prefabricación en Colombia.

Estudiando el sistema constructivo prefabricado y su adaptación tipológica en la vivienda en Colombia se considera indispensable identificar la posición en la que la normativa cataloga y especifica el método constructivo. A continuación, se expone la información encontrada específica respecto a la prefabricación en la NSR10 colombiana:

ARTÍCULO 2.1.1.1.2.2.4. Atención inmediata mediante soluciones de vivienda prefabricadas que cumplan con normas sismo resistentes:

El punto base de este artículo radica en el uso del recurso monetario del subsidio familiar de adquisición a la vivienda. Por lo tanto, Determina que es posible utilizar éste como medio de estrategia para dotar de un hogar inmediato a todas aquellas familias que se encuentran en situación de desplazamiento. Este dinero será destinado a procesos de montaje, instalación, y adquisición de vivienda prefabricadas que cumplan con las normas de construcción y diseño sismo resistente de Colombia. Continuamente el artículo aclara que en el momento en que la familia ha de mejorar su condición migratoria podrá recibir nuevamente el subsidio económico, pero tendrá que entregar el modelo habitacional al gobierno para otorgarlo a otra familia. (Ministerio de ambiente y desarrollo territorial 2010).

A.3.1.7 — sistemas estructurales de resistencia sísmica prefabricados.

Este artículo habla sobre la construcción peculiar de la construcción de sistemas de resistencia sísmica a partir de elementos prefabricados. Permite la construcción de estos, siempre y cuando el sistema prefabricado este diseñado para la fuerza sísmica en concordancia con la NSR utilizando un “un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico” igual a uno y medio (Ministerio de ambiente y desarrollo territorial 2010). Una vez se haya comprobado a través de evidencia experimental y análisis de resistencia que el sistema propuesto tiene capacidad de disipación de energía y de trabajo al rango inelástico teniendo en cuenta los materiales permitidos por la ley, El diseñador estructural debe presentar evidencia respecto a seguridad, durabilidad, y resistencias sísmicas.

Por otro lado, los elementos de fachada prefabricados dentro de la norma son caracterizados como “Elementos que requieren especial cuidado en su diseño”. Siendo elementos no estructurales deben contemplarse holguras que permitan la deformación del material expuesto a la intemperie, Este aspecto no debe afectar en absoluto el sistema de anclaje del elemento prefabricado a la estructura, por lo que se debe evitar al 100% posibilidades de desprendimiento de fachada. A continuación, se muestra una tabla específica para

elementos que se consideran no estructurales dentro de la prefabricación.

Elemento no estructural	a _p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R _p , mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Buena	Baja
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽²⁾
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Atillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido ⁽³⁾
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾

Ilustración 39 normativa sismo resistente (Ministerio de ambiente y desarrollo territorial 2010)

La normativa, determina que dentro de los sistemas prefabricados más importantes, totales o parciales en madera se encuentran las armaduras o cerchas de cubierta, las cuales se describen como elementos planos estructurales que trabajan a flexión-compresión, tensión y compresión. Dentro del artículo G.8.1.1 se dedica un apartado específico a explicar las variables de composición en cerchas y se clara al respecto, que el diseñador estructural será el encargado

de determinar las limitaciones de la aplicación en cada uno de los ejemplos. Por otra parte, clasifica los sistemas prefabricados en madera en 3; el primero es un sistema de entramados livianos que se emplea por soportes verticales dispuestos de forma lineal a corta distancia.

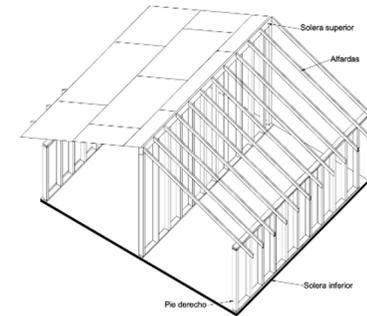


Figura G.9.3-1 — Sistema de entramado liviano

Segundo, se describe el sistema de poste y viga.

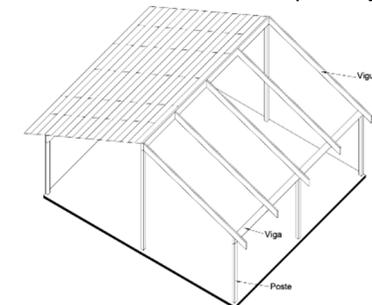


Figura G.9.3-2 — Sistema de poste y viga

Y por último los sistemas espaciales, los cuales se entienden como estructuras conformadas por cuadrículas que pueden variar su ángulo de inclinación.

Lo descrito con anterioridad es toda la normativa que se ha encontrado referente a sistemas constructivos prefabricados.

En el seminario latinoamericano sobre prefabricación de viviendas (Copenhague, 13 de agosto, 1967), Realizado por la comisión económica para América latina, se percibía un déficit de cuatrocientas mil viviendas en Colombia. Por lo cual, mitigar este número con recursos limitados los llevo a incluir dentro de la formulación de planes de vivienda, la industria de la prefabricación. Sin embargo, aunque se pensaba que había la capacidad técnica para desarrollar el método, El bajo costo del trabajador de la construcción, la carencia de materiales estandarizados y los problemas con la financiación de vivienda a largo plazo frente a lo que se economizaba en procesos de rendimiento, resultaban imperceptibles sobre el costo de la vivienda terminada. Lo que llevo a pensar en alternativas como disminuir la calidad de la construcción, o crear programas de autoconstrucción orientados a la prefabricación liviana en parcelas ya urbanizadas. (Mejía 1967).

Según el documento resumen escrito por (and Mejía 1967) la industria de la prefabricación se encontraba en un estado de desarrollo inicial en 1967. Sin embargo, en la revisión de los sistemas constructivos prefabricados en Colombia se ha encontrado que aún, sigue siendo un sistema innovador carente de información y tecnología especializada para la construcción de viviendas, salvando de esta afirmación las técnicas de prefabricación con módulos en hormigón. (Garzón Vargas Bellanith 2007). Adicionalmente, indaga el

por qué sistemas de construcción prefabricada que se ha restringido en Europa, se siguen usando en el Colombia, por lo cual se concluye que existe una carencia de normativa exigente en cuanto al tipo de construcción, más específicamente en conceptos de habitabilidad y seguridad, por lo tanto, esto incentiva a que el mercado que ha dejado de funcionar en otros países, debido a la flexibilidad normativa en Colombia, encuentre un camino fácil de desarrollo en este tipo de vivienda, comprometiendo en alguna medida la calidad de la vivienda en este tipo de construcción.

Sin embargo, después de una revisión bibliográfica en normativa colombiana la NSR (Normas Sismo Resistente) contempla dentro de los requerimientos Básicos de seguridad en vivienda el sistema prefabricado como una opción , A pesar de esto se considera que podría desarrollarse una profundización en técnicas y requerimientos que garanticen la calidad y perdurabilidad de la vivienda, incentivando a un cambio en la percepción generalizada de la vivienda prefabricada como estrategia de mitigación en desastres naturales, a un sistema que además se puede entender como un método de adaptación de la vivienda que responde a nuevas dinámicas habitacionales en todo nivel económico en el país.

4. RECOPIACIÓN DE CASOS

Con el objetivo de mostrar la variedad de posibilidades que puede haber en la prefabricación desde un método a base de pequeños módulos hasta un sistema pesado de grandes paneles de hormigón en ciudades que se catalogan como principales en el país, se exponen diferentes casos que representan la tendencia en vivienda a la que nos enfrentamos hoy día en Colombia. se partirá por las viviendas de baja densidad (una y dos plantas) y luego se presentará la vivienda en altura que para efectos de este documento se considera indispensable dentro de la variabilidad tipológica en la economía colombiana:



En este caso cabe resaltar que el estudio de casos de las viviendas de una y dos plantas se han agrupado para el estudio de su estructura debido a la inminente similitud por no decir igualdad de los sistemas constructivos implementados por las diferentes empresas investigadas en el país, adicionalmente el entorno en el que se desarrollan los proyectos es posible generalizarlo como un entorno rural.

4.1 sistema constructivo

Empresa casa cypres, Modulares Medellín, Prefabricados modulares su hogar, entre otras. (Imágenes pg. 69), Figura 4a, 4b_ Viviendas unifamiliar de una y dos plantas. El sistema constructivo se constituye por paredes que están compuestas por elementos livianos de manejo manual y una modulación, la cual es hecha a partir de perfiles por platinas de lámina doblada. la altura de estos elementos es variable y puede ir desde 2,40 hasta 3,90m de altura.

Tres centímetros de espesor es la dimensión adecuada en la que se basan los elementos planos de las paredes, vigas y losas. Para lograr que estos elementos sean estructuralmente adecuados, se hacen con armazón de perfiles de chapa doblada de 1,1 mm de grosor dispuestos de forma diagonal. Además de funcionar como encofrados laterales, a su vez sirven de un refuerzo estructural que se integra al concreto, potenciando la resistencia del elemento.

Los forjados son macizos y las medidas son de 90 x 76 x 3 cm, Los muros como se ha comentado con anterioridad son hecho a partir de elementos livianos con dimensiones de 90 cm de ancho y una variabilidad en la altura de 30, 45, 60 y 90 cm de alto dependiendo los requerimientos del cliente. En cuanto a las vigas las medidas más factibles para el sistema son de 180, 270 y 360 cm de largo.

La cimentación está hecha por vigas de concreto ciclópeo con amarres en hierro y una superficie de gravilla compactada, malla electrosoldada y una capa de cemento como sobre piso (Elkin Darío Quincha Carvajal 2019).

El método de fabricación de la casa básicamente de puede describir en dos etapas: por un lado, en el taller se preparan todos los elementos que requieren procesos de soldadura y están conformados por aceros metálicos; en este caso son columnas, vigas y armazones para los componentes de las paredes y los forjados. Por otro parte, existe la posibilidad de realizas los procesos de producción de los elementos de acero-concreto en una planta fija de producción o a pie de obra. En este caso las empresas estudiadas contemplan la hechura de los elementos en una planta fija en la que entregan los módulos al cliente.

El proceso se basa en verter el concreto de las vigas, paredes y losas en superficies planas preparadas para el proceso y luego serán

almacenadas de forma vertical. El transporte no requiere de capacidades de carga extremadamente pesada por lo que los componentes pesan alrededor de 60kg.

A cotinucion, se muestra una representación grafica del proceso constructivo del sistema. cabe resaltar que dentro de la investigación de las empresas, éstas, ofrecían la opción de entregar la casa por partes para ser montada por el propio cliente.

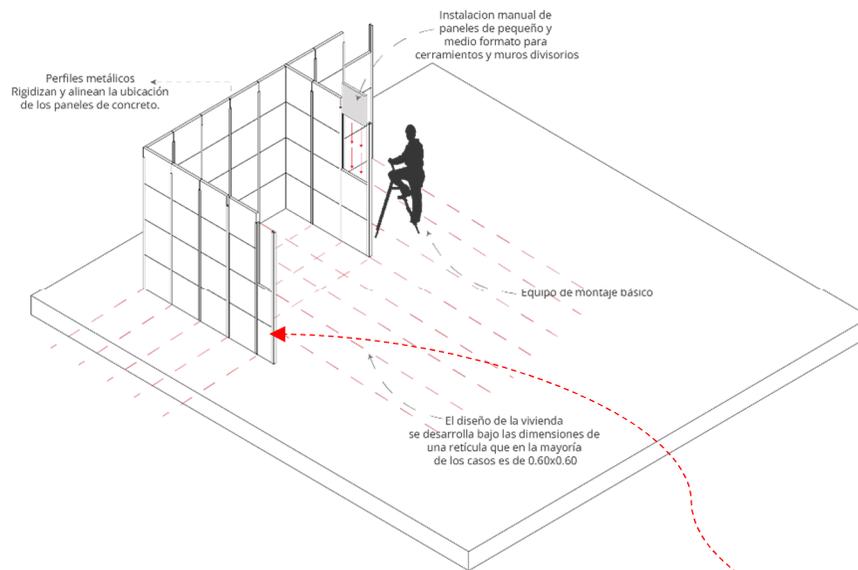


Ilustración 40 esquema gráfico sistema montaje de paneles en hormigón con estructura metálica

Imagen representativa del montaje y retícula del sistema construido prefabricado estudiado.

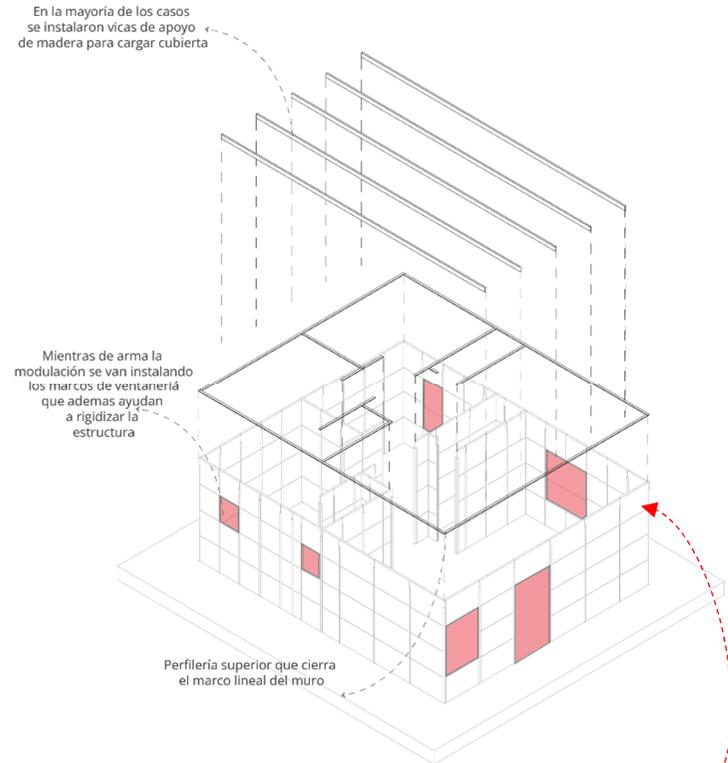


Ilustración 41 esquema montaje vivienda prefabricada con estructura de vigas y columnas metálicas



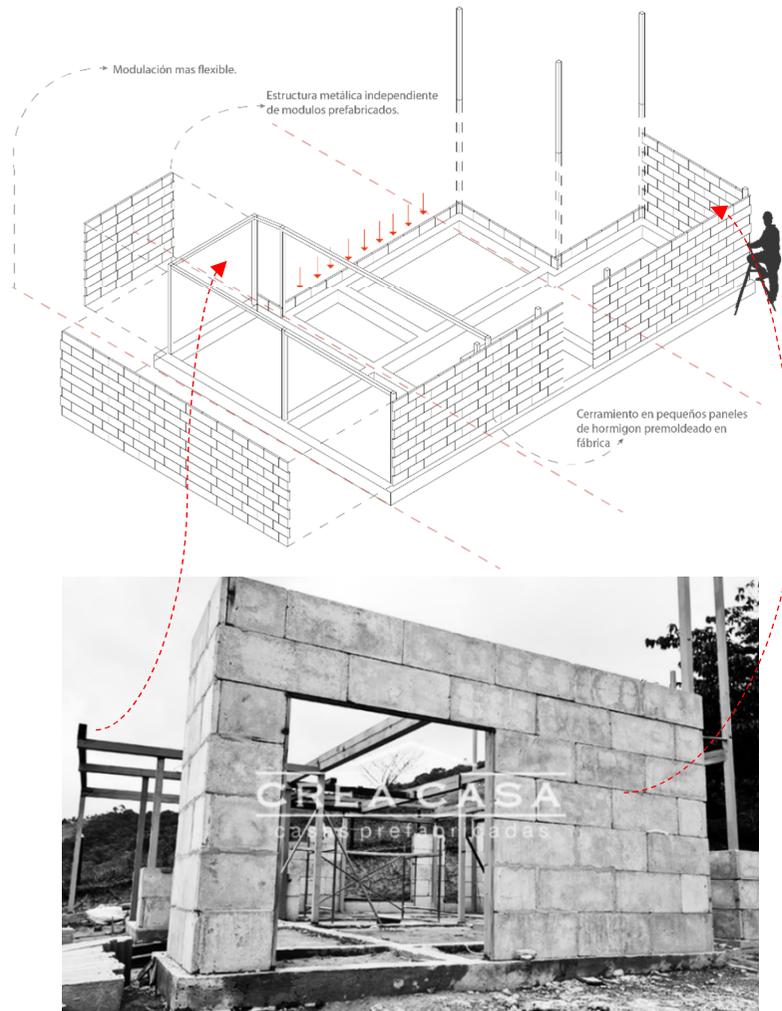


Ilustración 43 imagen de casa con sistema prefabricado de módulos de pequeño formato en hormigón

Por otro lado, la vivienda en altura en sistemas constructivos prefabricados en el país se caracteriza por constituirse a base de paneles prefabricados en hormigón, como es el caso de la vivienda

colectiva, Torres de San Agustín en Cali Valle Del Cauca, construido por la constructora Colpatria S.A.

El sistema constructivo es cerrado. Su estructura es con paneles de hormigón armado, que a la vez funcionan como cerramiento de la edificación, en cuando a las uniones entre paneles, son hechos por soldadura para luego ser terminados con hormigón in situ. Según (Garzón Vargas Bellanith 2007) , la desventaja que tuvo el proyecto en su época de construcción es que solo existía un proveedor de paneles prefabricados de hormigón, lo cual presentaba retrasos importantes en la entrega de módulos debido a la alta demanda. Por lo cual, hoy en día existe no existe una oferta significativa de construcción prefabricada a base de paneles prefabricados de hormigón, además de la falta de fábricas especializadas, la desconfianza y desinformación general hace que los usuarios prefieran sistemas tradicionales por encima de los descritos con anterioridad.



Ilustración 44 imagen de vivienda en altura con paneles prefabricados en hormigón

4.1 Adaptación a la estratificación

Dentro de la revisión de casos que expone cada empresa en su portafolio de proyectos realizados, se encuentra una coincidencia en las características del entorno. Por otro lado, la variación tipológica en las viviendas es básicamente en metros cuadrados construidos. Pero el sistema constructivo parte de los mismos principios. Y en cuanto a la cimentación y cubierta sin hechos con sistemas de construcción tradicional.

El que sean vivienda proyectadas en zonas rurales, implica que sus condicionantes tipológicas no están directamente relacionadas con el entorno construido. como, por ejemplo, una vivienda entre medianera, o una vivienda que haga parte de un plan de ordenamiento territorial específico de un departamento. A

continuación, se hace una recopilación de imágenes de viviendas prefabricadas y su entorno inmediato.



Ilustración 45 imágenes del entorno de vivienda unifamiliares (Por and Mejía 1967)

El área construida oscila entre los 36 m² y los 100 metros cuadrados, se considera que, por la condición de modulación por el sistema, se evitan formas o ángulos que implican la implementación de estructuras auxiliares.

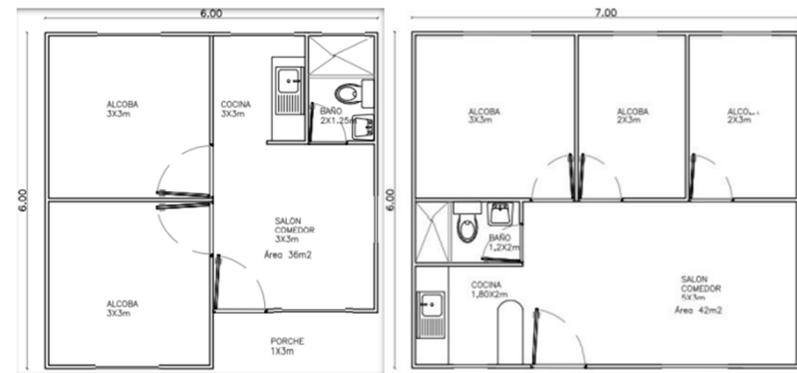


Ilustración 46 imagen tipológica de la arquitectura del proyecto (Por and Mejía 1967)

Viviendas sencillas acopladas al uso tradicional campesino. Cimentación por vigas de concreto ciclopeo con amarres sencillos en hierro y sobrepiso en de cemento. Cubierta de teja en fibro cemento o de barro.

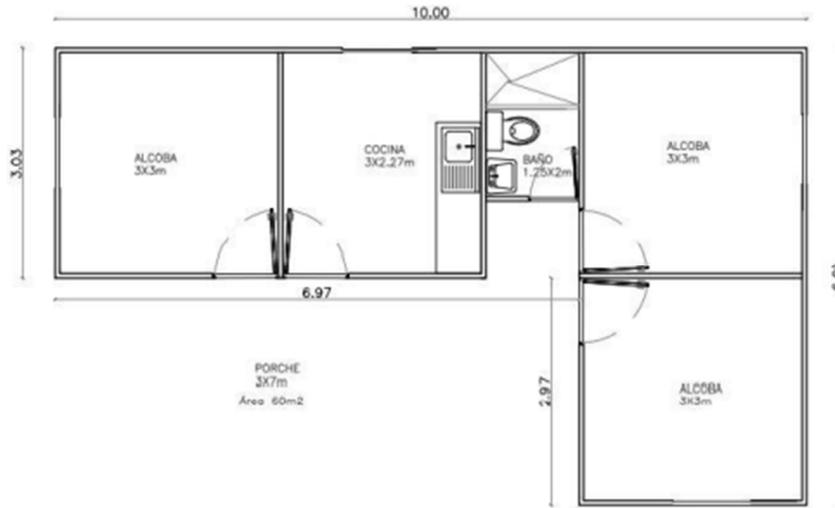


Ilustración 47 planta arquitectónica apartamento tipo

En cuanto a las viviendas en altura, El proyecto de las torres de San Agustín en Cali, tiene dos pisos de parqueadero, uno subterráneo, y otro en cota 0.0, su estructura es de vigas y columnas prefabricadas, especialmente se encuentra de forma independiente de las torres ya que estas tienen un sistema estructural diferente a base de muros de carga. El proyecto es de cuatro torres de ocho pisos de forma rectangular. Cada vivienda es de 85m², la tipología ofrecida por parte de las constructoras va enfocado a viviendas 4 y hasta 5 integrantes por lo que tienen tres habitaciones, sala, comedor y cocina.

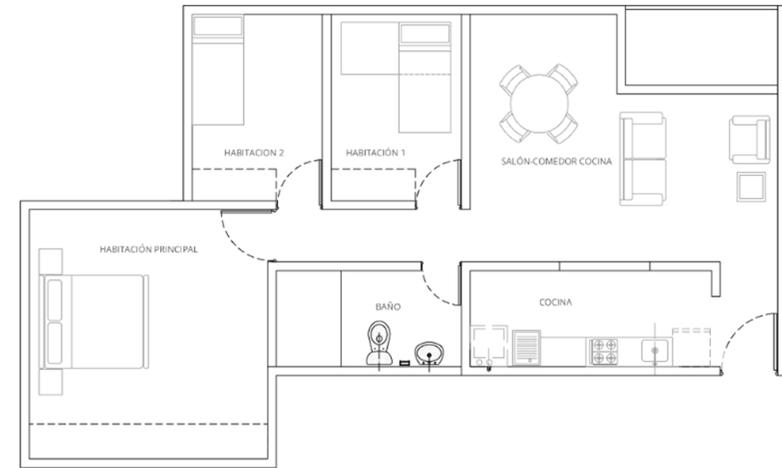


Ilustración 48 planta arquitectónica de vivienda en altura

5. OTRO CASO

Viendo más allá de la prefabricación de módulos independientes no volumétricos, Despierta gran interés la noticia de un edificio de 11 plantas que se ha construido en 28 horas. Broad Group, la empresa responsable de la construcción destaca que el proyecto llega a ser cinco veces más eficiente que un proyecto con sistema constructivo tradicional, Incluso llega a generar menos del 1% en residuos durante la construcción.

La construcción en este caso se hace a base de paneles modulares que son montados en fábrica y forman una unidad habitacional, es decir un módulo que se ensambla en fábrica y luego se transporta y para su respectivo montaje en obra. Estos son hechos con material

ligero, resistente, anticorrosivo y sostenible. Las uniones de las partes se hacen con soldadura de cobre a más de mil grados. El rendimiento del sistema es de 69 unidades habitacionales por día. Según artículos relacionados con el proyecto, de las virtudes más interesantes es la variación tipológica de las viviendas a partir de la combinación de módulos estandarizados en su interior, pudiendo modificar disposiciones de muros, ventanas, puertas o incluso balcones. Por otro lado, se resalta la capacidad que tiene el sistema el cual permite un montaje y desmontaje de edificio para ser trasladado con rapidez.

Super-hi Combination Illustrations

Note: Combination per your needs at random

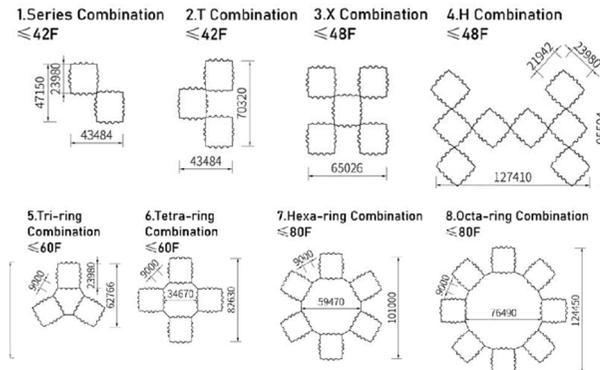


Ilustración 49 Posibilidad de combinación de los espacios de actividades indispensables.

(BROAD GROUP 2021)

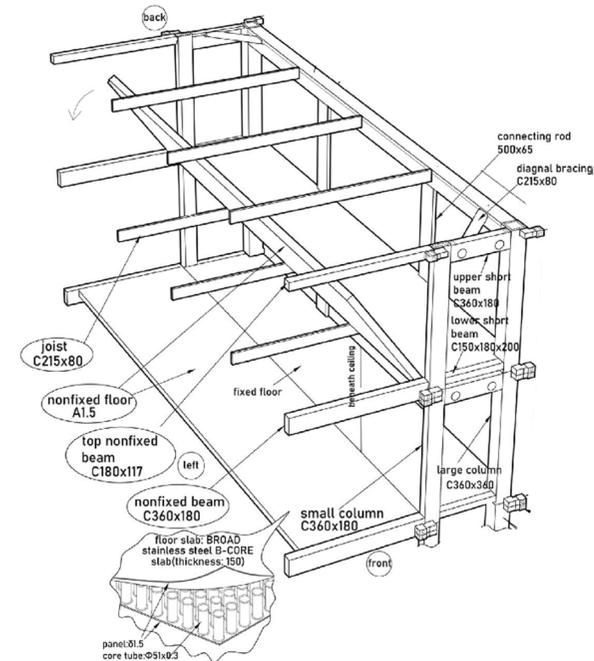


Ilustración 50 imágenes y gráficos de la estructura y montaje de uno de los módulos

(BROAD GROUP 2021)

6. CONCLUSIONES

Si a través del tiempo vemos que la evolución de la prefabricación se ha adaptado en respuesta a diferentes necesidades del entorno económico de cada época, entonces, de la misma manera debería poder adaptarse a la variabilidad tipológica de vivienda que se ve directamente clasificada por rangos económicos en Colombia (estratificación). La cuestión es, ¿por qué la prefabricación en su mayoría se ha dado en vivienda de bajo costo y estratos bajos? ¿Qué pasa si en los estratos altos se empieza a implementar la vivienda prefabricada?, ¿tendría alguna repercusión en los estratos medios? Lo ideal sería aclarar como implementar la prefabricación en una arquitectura definida desde un nuevo programa de necesidades que no tenga sus bases en una clasificación económica del territorio o en situaciones extremas que requieren soluciones inmediatas y sin intención de permanencia. Por lo tanto, se puede afirmar que lo que se considera óptimo no es que las viviendas prefabricadas se adapten a la estratificación socio económica del país, sino que el sistema constructivo haga parte de las estrategias de adaptabilidad a una variabilidad económica constante. Por lo tanto, el sistema constructivo prefabricado además de ser una alternativa de adaptación espacial también debería poder responder a necesidades de reutilización o incluso de reconfiguración espacial.

Por otro lado, para incentivar más construcción de vivienda prefabricada, se hace necesario dejar de visualizar la vivienda como un proceso, para entenderla como un producto lo que debe potenciar a investigar y crear nuevos métodos de prefabricación que respondan a las necesidades específicas del territorio colombiano. Estas necesidades no deben ser afectadas por la condición de racionalidad espacial. Por el contrario, se debe aprovechar este factor como medio para garantizar una vivienda digna, coherente y segura en cualquier nivel socioeconómico determinado, adicionalmente es indispensable promover la inversión en fábricas de producción de elementos prefabricados en las cuales debe existir una documentación detallada de calidad, rendimiento, tiempos de ejecución y montaje, para incentivar a las grandes constructoras a implementar este sistema en la construcción de vivienda masiva. Encaminando de esta manera la exploración de estos sistemas constructivos hacia un entorno que se acopla a la normatividad constructiva y de habitabilidad para luego ser implementada en ciudades, barrios o parcelas, con un entorno construido y planificado.

Si el utilizar sistemas constructivos prefabricados se convierte en una tendencia marcada dentro del país, será indispensable proyectar, teniendo en cuenta factores externos a la fabricación en talle, como lo puede ser el transporte. Por ejemplo, un transporte de tipo (s), según la normativa del ministerio de transporte, el limite de largo es

de 13 metros, y de algo es de 4,20 m, por lo que pensar en una arquitectura modular implicaría racionalizar las dimensiones y posibilidades de anclaje que amplían alternativas para la creación espacios habitables que se adapten según las necesidades. Pero esto solo se podrá llevar a cabo en el momento en que exista una disciplina en la planificación de proyecto que garantice beneficios, cuantificando y racionalizados procesos necesarios que se deben llevar a cabo desde la misma concepción del proyecto hasta su construcción.

Según indagaciones que se han hecho a 32 empresas existentes de prefabricación en Colombia, se considera que existe una ausencia de información e investigación propia del sistema. La mayoría de las empresas no brindan un soporte técnico que transmita tranquilidad al usuario. Por lo que la incertidumbre en lo que al sistema constructivo respecta, vuelve y debilita la intención de priorizar la prefabricación como principal método de construcción con nuevas tecnologías en la vivienda del país.

Es evidente que actualmente la construcción en el país en cuando a sistemas prefabricados es una técnica mixta. No se puede negar que asuntos como la cimentación, no deja de ser uno de las partes de la vivienda más difíciles de plantear desde un lugar diferente al mismo emplazamiento, evidentemente por su relación directa con el suelo, lo mismo se evidencia con la cubierta, en los casos estudiados esta

parte de la vivienda viene siendo un proyecto independiente, el reto esta en estudiar y crear nuevos sistemas de prefabricación que se adapten a preexistencias. Si una vivienda por sus condiciones físicas no se considera segura y debe ser demolida, pero la cimentación si que siendo una parte inamovible, que pasaría si lleva un nuevo método que se adapte a esta base y se adapte a una reconfiguración del espacio.

En este documento se abordó la variabilidad tipológica a partir del sistema de estratificación colombiano, como se describió con anterioridad, la caracterización cualitativa y cuantitativa de la vivienda determina el estrato al que pertenece cada unidad habitacional. La cuestión es que más del 60% de la población hace parte de los estratos más bajos del país, Entonces esto significa que existe una baja cualificación habitacional de la vivienda en gran parte del país, por lo que se considera que el sistema constructivo prefabricado puede ser una estrategia que hace parte del mejoramiento de la vivienda de una forma más igualitaria. Por lo tanto, se hace un cuadro resumen en el que se describe cada variable que se tiene en cuenta en la estratificación del territorio colombiano y luego se plantean las posibles actuaciones desde el punto de vista de la prefabricación (Ilustración 49, cuadro de conclusiones) teniendo como base la revisión de bibliografía.

Variables Diferenciadoras	Objetivo de la variable	Opciones de respuesta	Posibilidades desde los sistemas constructivos prefabricados			Propiedades favorables desde el sistema constructivo prefabricado
			ESTRUCTURA	REVESTIMIENTO	MONTAJE	
 ACCESIBILIDAD Existencia de entrada principal de las viviendas del lado de manzana	La variable busca evaluar si existe un acceso independiente por vivienda, o si por el contrario se adecua una vivienda unifamiliar y se transformo en una multifamiliar. por otro lado califica si esta es casa o edificio	SI O NO	A través del tipo de estructura prefabricada metálica de columnas y vigas o de paneles, poder garantizar un crecimiento o decrecimiento de los espacios, evitando espacios inadecuados de entrada peatonal.			RACIONALIDAD TÉCNICA EN EL SOPORTE 
 ENTORNO Vías de acceso, (La calle o la vía de acceso al lado de la manzana).	La variable busca identificar si el entorno inmediato a la vivienda esta urbanizada y garantiza la movilidad tanto peatonal como del tráfico rodado.	-Sendero o camino Peatonal -Vehicular en tierra -paso o gravilla -Vehicular en cemento, -asfalto o adoquín			Dependiendo del nivel de prefabricación de la vivienda, y de las condiciones espaciales y económicas del habitante, es posible contemplar la reubicación de módulos de vivienda a entornos urbanizados.	
 DIMENSIONES Tamaño predominante del frente de las viviendas del lado de la manzana	Este aspecto mide la condición de vivienda, pareada esquinera entre otros. por otro lado, en profundidad es posible evaluar la iluminación y ventilación del espacio.	Hasta 7 metros Más de 7 y hasta 9 metros Más de 9 y hasta 12 metros Más de 12 metros	A través de la modulación buscar la posibilidad de proyectar una vivienda que se pueda expandir en la medida en que el usuario pueda construir. por otra parte la variabilidad de paneles portantes puede ofrecer alternativas en dimensiones, sin comprometer calidad.	Posibilidades de revestimientos prefabricados que permitan el juego entre llenos y vacíos sin importar la dimensión de fachada frontal	sistema de montaje manual que permita transformación de revestimiento por parte de los habitantes.	ADAPTABILIDAD A PREEXISTENCIAS 
 ENTORNO Andén (Predominancia en el lado de la manzana)	La variable busca identificar si el entorno inmediato a la vivienda esta urbanizada y garantiza la movilidad tanto peatonal como del tráfico rodado.	Hasta 7 metros Más de 7 y hasta 9 metros Más de 9 y hasta 12 metros Más de 12 metros	Elementos prefabricados para urbanismo son tendencia en la guías urbanas de ciudades en Colombia.		Dependiendo del nivel de prefabricación de la vivienda, y de las condiciones espaciales y económicas del habitante, es posible contemplar la reubicación de módulos de vivienda a entornos urbanizados.	
 ENTORNO Antejardín (predominancia en el lado de la manzana)						
 ESPACIOS ADICIONALES Garajes (predominancia en el lado de la manzana)	La variable busca identificar si el entorno inmediato a la vivienda esta urbanizada y garantiza la movilidad tanto peatonal como del tráfico rodado.	Sin garaje ni parqueadero Con garaje cubierto usado para otros fines Con parqueadero o zona de parqueo Con garaje adicionado a la vivienda Con garaje sencillo que hace parte del diseño original de la vivienda Con garajes dobles o en sótano	El montaje de estructuras provisionales que permite la creación de nuevos espacios según la necesidad. las estructuras puntuales son una alternativa económica y rápida. el sistema prefabricado de paneles de hormigón tienen alto índice de aplicabilidad por su óptima resistencia en sótanos.		Los sistemas prefabricados permiten el montaje de parte de sus estructuras sin mano de obra cualificada. este aspecto ofrece versatilidad en la vivienda.	
 REVESTIMIENTO Material de las fachadas (predominancia en el lado de la manzana)	Este aspecto caracteriza la calidad de fachadas y adicionalmente cualifica la calidad en la zona estudiada de la materialidad predominante.	En guadua, caña, esterilla, tabla, desechos Sin cubrir: adobe, bahareque, tapia pisada, placa prefabricada, bloque o ladrillo común En revoque, pañete o repello, sin pintura.	Elementos soportados por estructura auxiliar. solución multicapa que garantiza confort de espacio habitable.	Adaptabilidad al entorno a través de módulos de pequeño y gran formato prefabricado ofreciendo ligereza	Adaptabilidad al entorno con variabilidad en espesores, colores y disposición diversa de geometrías.	
 CUBIERTA Material de los techos (predominancia en el lado de la manzana)	la cualificación de la calidad de cubierta es determinante en la clasificación de estratificación de la vivienda	Desechos, telas asfálticas o pedazos de tejas Placa de entrepiso Terraza, azotea o cubierta sencilla Lujosa u ornamenta	la estructura de cubierta bovedada es el método por el que empezó el sistema prefabricado en Colombia. Nuevamente a partir del sistema constructivo prefabricado es posible brindar técnicas constructivas para cubiertas adaptables,	Escogencia de acabados específicos que permiten o no el tránsito peatonal, según necesidad.	Nuevos sistemas de montaje permiten la rehabilitación o reutilización de elementos prefabricados para cubierta. rápido montaje.	

Ilustración 53 Cuadro de conclusiones - actuación respecto a variables que se tienen en cuenta en el país para estratificar el territorio colombiano Elaboración propia.

7. BIBLIOGRAFÍA

- "AlisonPeterSmithson.PabellonUpperLawn.3 - Pabellón Upper Lawn - Urbipedia - Archivo de Arquitectura." n.d. Accessed August 30, 2022.
https://www.urbipedia.org/hoja/Pabell%C3%B3n_Upper_Lawn#/media/File:AlisonPeterSmithson.PabellonUpperLawn.3.jpg.
- Araujo Ramón. n.d. "Tectónica 05 - Hormigon II (Prefabricado)." *Hormigón Prefabricado y Construcción En Altura*.
- BROAD GROUP. 2021. "HOLON BUILDING." September 2021.
<http://en.broad.com/ProductShow-111.aspx>.
- Camacol, Alcaldía de Bogotá. 2019. "Prototipo de Vivienda Rural Sostenible y Productiva Para El DC Primer Concurso de Ideas DC 2019." *Foro de Sostenibilidad 2019* 1.
- Ejea Jurado José. n.d. "Hormigón III." *Tectonica* 25, 28–38.
- Elkin Dario Quincha Carvajal. 2019. "TIPIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA VIVIENDAS PREFABRICADAS RURALES EN LOS MUNICIPIOS DE TABIO, TENJOY ZIPAQUIRÁ CUNDINAMARCA." Bogotá.
- Flores, Enrique Ortiz. 1996. "FONHAPO. Gestion y Desarrollo de Un Fondo Público En Apoyo de La Producción Social de La Vivienda." *H.I.C.*
- Garcia Morales Daniel. 2015. "¿Qué Efecto Tuvo La Implementación de Los Prefabricados En La Arquitectura En Bogotá En La Década de 1950? | Proyecto Década." Morales Garcia Daniel. May 8, 2015. <https://proyectodecada.wordpress.com/2015/05/08/que-efecto-tuvo-la-implementacion-de-los-prefabricados-en-la-arquitectura-en-bogota-en-la-decada-de-1950/>.
- Garzón Vargas Bellanith. 2007. "Industrialización de La Construcción Para La Vivienda Social," December.
- Gutierrez David. 2019. "Intervención Del Habitat Popular Desde Sus Condiciones de Habitabilidad En Ciudad Bachué."
- "INSTITUTO DE CRÉDITO TERRITORIAL | Revista Credencial." n.d. Accessed August 2, 2022.
<https://www.revistacredencial.com/historia/temas/instituto-de-credito-territorial>.
- Juan Luis Rodríguez Gutierrez. 2008. "MEMORIA DE LOS AÑOS 50 Conversación Con Francisco Pizano."
- L JULIAN SALAS. 2010. "LA INDUSTRIALIZACIÓN POSIBLE DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA."
- Lattke Rodríguez, Melissa Alexandra. 2019. "Ocho Casas En Ciudad Bachué."
- "Licensed-Image (2048×1681)." 2010. 2010.
http://t3.gstatic.com/licensed-image?q=tbn:ANd9GcQb4A844FYXCSmzvlLBoy7YcPrsL9jmeXTzYLIXE75wR4DV-EATy_KGRYXjokxtRPY7.
- Martitegui Arriaga Francisco. n.d. "Tectónica Estructuras 13 - Madera (II)."
- Medina, Juan Manuel, Julián García, and Juan Antonio Rodríguez. 2019a. "Modularidad y Prefabricación Abovedada. Colombia Como Germen de Una Tradición Moderna. La Experiencia Bogotana y Su Influencia En Latinoamérica." *Dearq*, no. 25 (January): 44–53. <https://doi.org/10.18389/dearq25.2019.04>.
- . 2019b. "Modularidad y Prefabricación Abovedada. Colombia Como Germen de Una Tradición Moderna. La Experiencia

- Bogotana y Su Influencia En Latinoamérica." *Dearq*, no. 25 (January): 44–53. <https://doi.org/10.18389/dearq25.2019.04>.
- Ministerio de ambiente y desarrollo territorial. 2010. "Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente." Bogota.
- NACIONES UNIDAS. 2019. "UNA POBLACION EN CRECIMIENTO." 2019. <https://www.un.org/es/global-issues/population>.
- Por, •, and Alvaro Andrade Mejía. 1967. "La Prefabricación de Vivienda En Colombia."
- "PREFABRICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN CONCRETO - 360 EN CONCRETO." n.d. Accessed August 19, 2022. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/prefabricacion-de-viviendas-en-concreto/>.
- Ramos Carranza, Amadeo. 2012. "PPA N6 MONTAJES HABITADOS: VIVIENDA, PREFABRICACIÓN E INTENCIÓN." *PPA Proyecto Progreso Arquitectura* 6: 17–33.
- Roa Rojas Margarita. 2013. "Los Alcázares (1949) y La Transformación Del Habitar En Bogotá." *DEARQ-Revista de Arquitectura / Journal of Architecture*, September. <http://dearq.uniandes.edu.co>.
- Sant'Elia Antonio. 1914. "La Arquitectura Futurista. Manifiesto:" 1914. <https://www.uclm.es/centros-investigacion/cdce/sintitulo/sin-numero6/sin6-arquitecturafuturista/1-elia>.
- Santamarin Carlos. 2017. "De La Utopía a La Distopía Doméstica." *Revista de Arquitectura • Proyecto Arquitectónico y Urbano* 19: 24. www.rodrirogcue.com.
- Smith, Ryan E, Prólogo De, and James Timberlake. n.d. "CASA PREFABRICADA UNA GUÍA PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN MODULAR ARQUITECTURA."
- Smith, Ryan E, James Timberlake, and Faia Smith. 2010. "PREFAB ARCHITECTURE." www.itac.utah.edu.
- TIEMPO.COM, el. 2019. "La Capacidad de Compra de Vivienda Bajó En Los Últimos 13 Años - Sectores - Economía -." 2019. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/la-capacidad-de-compra-de-vivienda-bajo-en-los-ultimos-13-anos-402006>.
- Varela Àlvaro. 2002. "Casa de Aluminio En Tokio - Toyo Ito." *TECTONICA* 22 22 (ALUMINIO): 38–47.
- Walter Meyer - Bohe. 1969. *PREFABRICACION II Análisis de Los Sistemas* . Vol. 2. Barcelona.
- Wilson James. 2019. "07 - Materials_Practice_Guide_Modular_Construction (2)," 16–24.
- Yunda, Juan G. 2017. "Densificación y Estratificación Social En Bogotá: Distribución Sesgada de La Inversión Privada." Bogota.