

# Diseño de un sistema de construcción modular en acero para vivienda social en altura

## Design of a modular steel construction system for social housing in height

Jorge Romero<sup>1</sup>  
Rafael Rojas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colombiano. Profesional. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Tecnologías para la Innovación en la Construcción, Cali, Colombia. E-mail: [jeromero@sena.edu.co](mailto:jeromero@sena.edu.co).

<sup>2</sup> Colombiano. Profesional. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Tecnologías para la Innovación en la Construcción, Cali, Colombia. E-mail: [rrojasg@sena.edu.co](mailto:rrojasg@sena.edu.co).

Recibido: 04-12-2017 Aceptado: 17-05-2018

### Resumen

La estrategia de densificar para ocupar menos suelo de alto valor ecológico y de biodiversidad implica un desarrollo de vivienda en altura, determinando comúnmente condiciones definitivas en el tamaño de las mismas; si a lo anterior adicionamos la escasez de recursos y el alto déficit de soluciones de vivienda social, los resultados son unidades habitacionales definitivas muy pequeñas para sostener la evolución y crecimiento de una familia con sus necesidades y aspiraciones básicas. Este fenómeno se hace evidente con el inconformismo de las familias usuarias con respecto a la unidad de vivienda asignada y claramente es una situación que no aporta a los aspectos de sostenibilidad con el que se quiere desarrollar la vivienda social. Por esta razón, la unidad básica de vivienda social en altura que es económicamente viable en nuestro país debe poder crecer en área, evolucionar y permitir la permutación funcional de sus espacios, lo cual, mejora las condiciones de capacidad, confort y funcionalidad en una dinámica de apropiación que es diversa. La necesidad generada por el dinamismo arquitectónico requiere una estructura que también se pueda adaptar a estos cambios evolutivos, por lo tanto se desarrolló una estructura que consiste en un módulo básico al que se pueden unir módulos estructurales en voladizo con uniones articuladas.

**Palabras clave:** Arquitectura; modular; progresivo; altura; estructura; acero.

### Abstract

The strategy of densifying to occupy less land of high ecological value and biodiversity implies a development of housing at height, commonly determining definitive conditions in the size of the same; If we add to the above the scarcity of resources and the high deficit of social housing solutions, the results are very small definitive housing units to sustain the evolution and growth of a family with its basic needs and aspirations. This phenomenon is evident with the non-conformity of the user families with respect to the assigned housing unit and it is clearly a situation that does not contribute to the sustainability aspects with which the social housing is to be developed. For this reason, the basic unit of social housing in height that is economically viable in our country must be able to grow in area, evolve and allow the functional permutation of its spaces, which improves the conditions of capacity, comfort and functionality in a dynamic of appropriation that is diverse. The need generated by the architectural dynamism requires a structure that can also be adapted to these evolutionary changes, therefore a structure was developed consisting of a basic module to which cantilevered structural modules can be joined with articulated joints.

**Keyword:** Architecture; modular; progressive; height; structure; steel.

**Cómo citar:** Romero, J. y Rojas, R. (2018). Diseño de un sistema de construcción modular en acero para vivienda social en altura. *Informador Técnico*, 82(2), 270-276. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.1501>

## Introducción

En Colombia hay un déficit de 3,3 millones de viviendas, de los cuales 1,3 millones corresponden a hogares que no tienen casa, lo que se define como déficit cuantitativo y 2 millones de hogares que tienen casa que no cumple con estándares, definido como déficit cualitativo (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE, 2017).

Las ciudades más densamente pobladas en el país reflejan los valores más altos en cuanto al déficit de vivienda actual y a su crecimiento anual convirtiéndose en uno de los tópicos más importantes e inminentes en las políticas y programas de gobierno nacional y local. El gobierno nacional viene ejecutando un proyecto de un millón de viviendas que corresponden a cerca de la tercera parte del déficit total, que sin embargo sigue creciendo.

La construcción de proyectos habitacionales masivos tan ambiciosos en número de unidades de vivienda y tiempos de ejecución genera un importante consumo de recursos materiales y energía, afectarán territorios, su mantenimiento y transformación generarán más consumo de recursos.

La demanda a gran escala de recursos y la afectación que este tipo de proyectos hace sobre el territorio ha generado desde el año 2006 iniciativas para el desarrollo del concepto de vivienda de interés social sostenible (Bedoya Montoya, 2011) entre las que se puede mencionar algunas políticas locales sobre la re-densificación de áreas urbanas ya conformadas y la densificación de algunas zonas de expansión para evitar el crecimiento desmedido de las ciudades, denotando entre otros aspectos el valor ecológico y de biodiversidad del suelo; aspecto que conduce al planteamiento de vivienda social en altura.

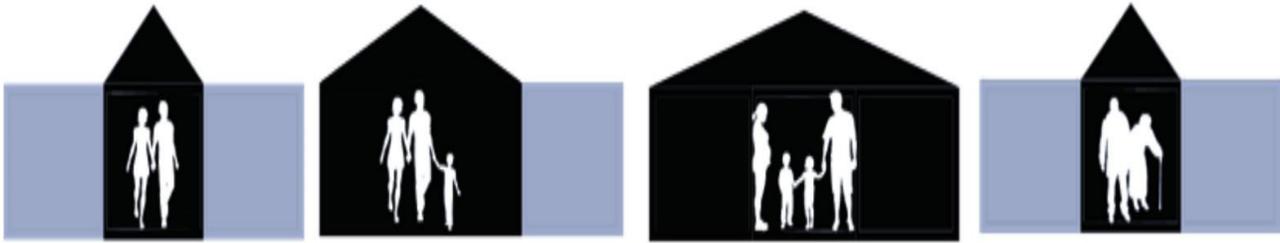
Debido a la demanda habitacional por parte de una gran proporción de la población que no puede acceder a la vivienda propia por el nivel de ingresos económicos o estado de vulnerabilidad, el estado asume subsidiar el costo de construcción de las mismas. Con el gran déficit habitacional y recursos propios o del Estado insuficiente para abordar su solución, las unidades de vivienda que se construyen actualmente resultan con un desarrollo de área que no satisface las expectativas creadas a partir del tipo de hábitat establecido y mantenido por el mercado inmobiliario.

Se ha evaluado la forma de ocupar el territorio y se han establecido parámetros que acercan a un desarrollo urbano sostenible, pero, ¿somos conscientes sobre nuestros hábitos de habitar, de ocupar el espacio de la vivienda, sobre sus consecuencias?

En la arquitectura habitacional actual los espacios se generan y organizan directamente relacionados con la función, en una interpretación del principio funcionalista de la arquitectura moderna del siglo XX, dando como resultado la intención de diseño en la cual se debe dar un espacio a cada uso o necesidad; de esta manera los estándares de calidad y costo se miden de acuerdo con la cantidad de espacios con uso específico.

Ante la dificultad económica de proveer todos los espacios que supone un programa de necesidades o usos estándar de una vivienda e insistir con el diseño arquitectónico que los demanda, el resultado es la insatisfacción de las expectativas de la familia porque la necesidad de habitar no cesa en el hecho de adquirir el espacio físico para hacerlo, es un proceso de evolución donde hay inclusive una necesidad de identificación que sienten los habitantes llevándolos a adaptarlo y personalizarlo (Habraken, 2000); es decir, involucra también aspectos emocionales y espirituales. Cuando el espacio arquitectónico se entrega terminado al individuo, viene a ser la creación de otros y no refleja sus espacios existenciales (Norberg-Schulz, 1975).

El núcleo familiar que habita una vivienda también evoluciona en la cantidad y antropometría de sus integrantes, en sus posibilidades económicas y en las relaciones sociales y culturales que repercuten en el espacio privado; en las primeras fases por ejemplo, el núcleo familiar tiende al crecimiento del número de sus integrantes destacando por lo general la presencia de infantes; en una fase intermedia los integrantes adultos suelen aumentar en número por la evolución de los infantes o por la integración de nuevos adultos; en las fases finales las características físico motrices de los adultos mayores definirá nuevos parámetros de accesibilidad y probablemente la cantidad de integrantes sea menor porque se produce una natural migración de los hijos para crear nuevos núcleos familiares (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Cambio del núcleo familiar.  
**Fuente:** Los autores.

La transformación del espacio de la vivienda asociada a la evolución de la familia es un aspecto importante a considerar también en el contexto de la sostenibilidad, porque esta última demanda un equilibrio no solo en la satisfacción apropiada de las necesidades habitacionales, sino también en no caer en los excesos; por lo tanto el diseño de la vivienda debe dar posibilidad no solo al crecimiento espacial sino también a la sustracción de espacios que puedan llegar a ser inútiles.

Al respecto de la estrategia del crecimiento progresivo de las unidades básicas habitacionales que han intentado resolver aspectos de la inversión inicial de recursos y la composición y necesidades variables de las familias, se pueden estudiar casos a nivel internacional desarrollados desde principios del siglo pasado hasta la fecha. Las modalidades de crecimiento progresivo (Gelabert Abreu & González Couret, 2013) han venido desarrollándose con algunas características que las diferencian, de las cuales se hace mención solo de aquellas que se refieren a la conformación espacial y estructural:

- Viviendas que crecen en uno y dos pisos adicionando módulos espaciales, generando urbanizaciones de baja densidad. Hay crecimiento espacial sin un aporte importante en la flexibilidad de los mismos.

- Viviendas en edificios de altura media con su estructura completamente desarrollada y una unidad básica habitacional que puede crecer en la estructura existente. Las fachadas en esta modalidad también pueden ir creciendo y evolucionando. Modalidad conocida como soporte (Habraken, 2000).

- Viviendas en edificios de altura media desarrolladas completamente en estructura y fachada, pero permitiendo crecimiento y flexibilidad a partir de elementos divisores internos. El edificio desde el exterior se ve completamente terminado.

En las tres modalidades es común la presencia de espacios y mobiliario para el procesamiento de alimentos, el aseo personal y de la ropa.

En algunos casos, como por ejemplo las torres Nakagin Capsule (Kurokawa, 1992) en Japón, se conciben como ciudad-máquina cambiante y adaptable, donde las unidades habitacionales serían desechables en la medida en que lo marcara el mejoramiento de la técnica; aspecto muy lejano de nuestro contexto económico y de los lineamientos de sostenibilidad.

La estrategia de crecimiento progresivo que se propone para el desarrollo del modelo estructural fusiona aspectos de las tres modalidades mencionadas.

- Viviendas en edificios de altura media para obtener un mejor aprovechamiento del suelo.
- Estructura modular base que no marca el tamaño definitivo del edificio y permite crecimiento por adición de módulos en voladizo, es decir una estructura progresiva.
- Crecimiento por adición de módulos espaciales que se resuelven dentro de los módulos estructurales en voladizo.
- Unidad básica habitacional con módulos espaciales que pueden permutar sus funciones para satisfacer las necesidades de la familia en sus primeras fases.

- Elementos de cerramiento y estructura modulares y desmontables para la sustracción de espacios y estructuras inútiles.

- Módulos espaciales con mobiliario ergonómico y dinámico para el procesamiento de alimentos y aseo personal y de la ropa.

“La casa, por lo tanto, sigue siendo el lugar central de la existencia humana, el sitio donde el niño aprende a comprender su existencia en el mundo y el lugar donde el hombre parte y al que regresa” (Norberg-Schulz, 1975).

## Metodología

Se realizan diseños arquitectónicos modulares y flexibles que permitan el crecimiento progresivo por medio de módulos adicionales, se escogió un diseño que inicialmente tuviera un área aproximada de cincuenta metros cuadrados (50 m<sup>2</sup>) como la mayoría de soluciones de vivienda de interés social multifamiliar que se manejan en Colombia (Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, 2014) y que permitan el crecimiento modular. Se estudian los ejemplos de construcción modular que existen con los diferentes materiales y sistemas estructurales, de acuerdo con opciones de industrialización y suficiente existencia en el mercado para poder ofrecer soluciones de vivienda masivas en bloques de edificios de cinco pisos para el corto y mediano plazo, se opta por la utilización del acero como material estructural y como sistema constructivo el de pórticos de acero resistentes a momentos y pórticos de acero con diagonales concéntricas avalado en la normatividad colombiana vigente del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR 10, Título A, Capítulo A3, Tabla A.3, se debe tener en cuenta en los diseños la protección para estos materiales como son la protección contra el fuego NRS 10, Título J, requisitos de protección contra incendios en edificaciones y protección a la corrosión NSR 10 Título F, F.2.2.3.12 Diseño para efectos de la corrosión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Una vez definido el diseño arquitectónico, los materiales y el sistema constructivo que consta de una estructura base conformada por elementos tubería estructural cuadrada y rectangular con uniones pernadas y unos módulos adicionales que funcionan en voladizo, adosados a la estructura base por medio de uniones articuladas, se realiza el diseño y cálculo estructural de la edificación, para emitir los planos de construcción definitivos.

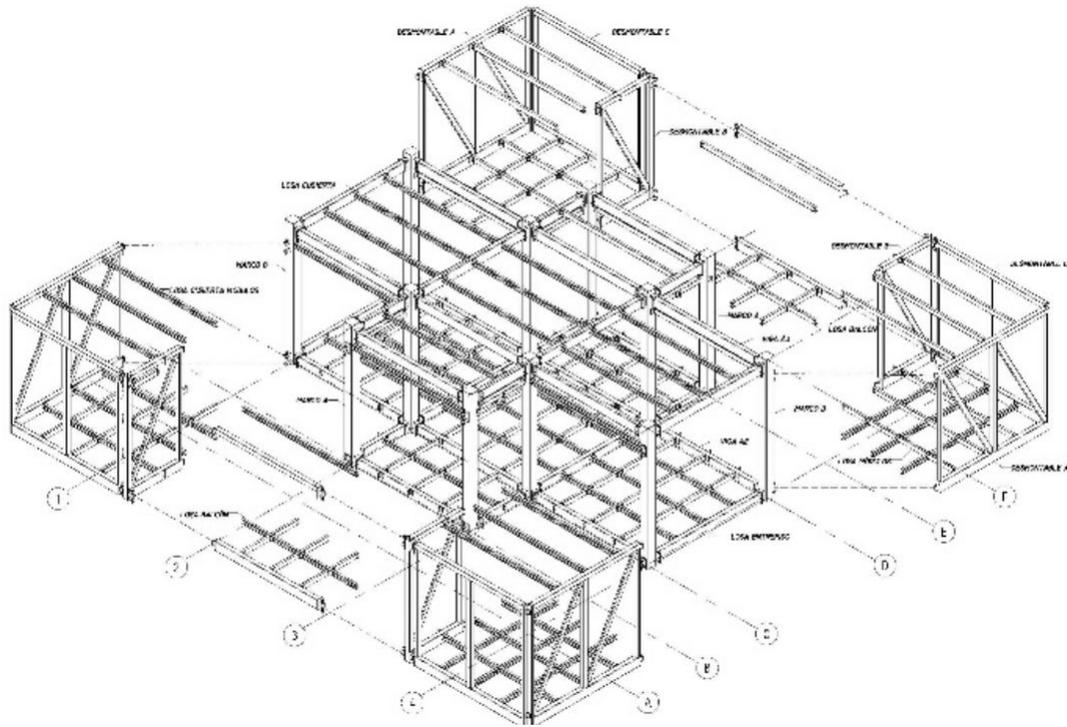
Una vez obtenidos los planos de la estructura, se construye como prototipo el último piso de la edificación, para así definir el apropiado proceso de construcción, realizando el montaje y desmonte de la estructura y una vez armado se pueda verificar la evolución espacial arquitectónica del prototipo.

Finalmente se realiza un manual constructivo con los planos y procesos definidos en el prototipo y el cuidado y mantenimiento de la estructura.

## Resultados y discusiones

En este proceso se obtuvo una estructura metálica adicionable (Figura 2) que muestra una adaptabilidad a la dinámica espacial arquitectónica de una vivienda sostenible de acuerdo con el cambio económico y del número de integrantes de la familia (Figura 1). Cambios que son factibles por la modularidad del diseño arquitectónico y a la solución de módulos estructurales en voladizo de fácil ensamble y desensamble, la propuesta arquitectónica es de múltiples configuraciones respondiendo a la necesidad de los habitantes de adaptar sus espacios a sus gustos y necesidades, con la posibilidad de que su vivienda pueda crecer en área progresivamente de 50 m<sup>2</sup> hasta 80 m<sup>2</sup> (Figura 3).

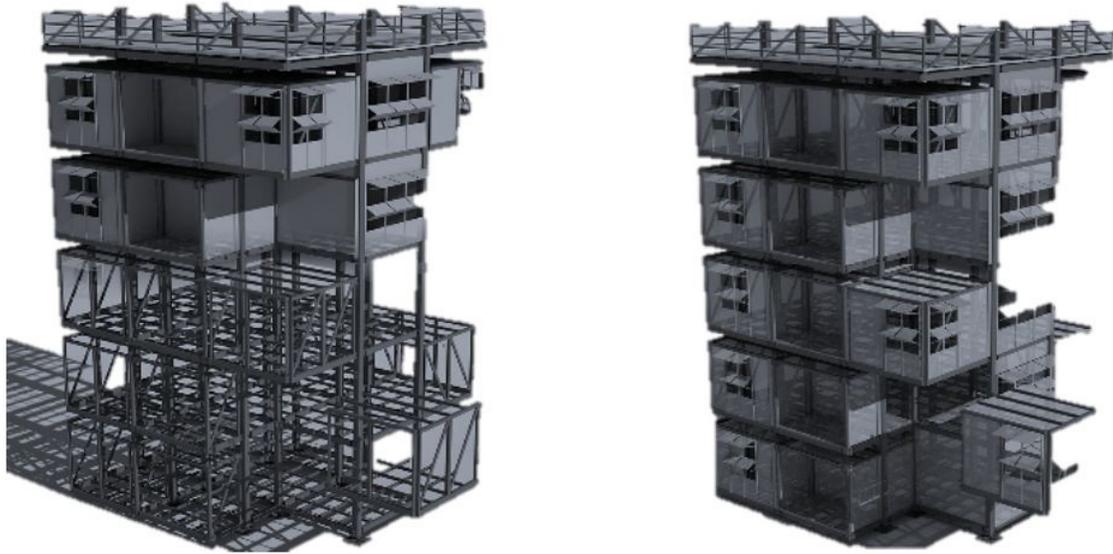
Conformando finalmente bloques de vivienda multifamiliar con cambios dinámicos en su estructura (Figura 4).



**Figura 2.** Estructura metálica adicional.  
Fuente: Los autores.



**Figura 3.** Dinámica espacial arquitectónica (lado izquierdo: vivienda de área 50 m², lado derecha: vivienda 80 m²).  
Fuente: Los autores.



**Figura 4.** Conformación dinámica de la estructura  
**Fuente:** Los autores.

## Conclusiones

El diseño del sistema constructivo propuesto permite la industrialización y prefabricación de vivienda social en alturas, gracias a su modularidad y sus elementos estructurales de fácil ensamble y desensamble, que conllevan ahorros en los recursos para la construcción (energía de producción, huella de carbono, huella ecológica, mano de obra). Propicia a su vez una mejor calidad y control del producto terminado, disminución en la producción de escombros de construcción y disminución en accidentes de trabajo.

El ahorro económico que proporciona el sistema industrializado propuesto, permite trasladarlo al usuario con un mayor margen de utilidad al productor.

Esta propuesta genera flexibilidad espacial, utilización sistemas de cerramiento liviano, optimización de los materiales de construcción, permite desarrollar soluciones constructivas que generen edificaciones transformables en el tiempo y mejoran las condiciones habitacionales y de sostenibilidad en la vivienda social en altura.

La estructura propuesta tiene la capacidad para resistir en su módulo base las solicitaciones de carga laterales y verticales debidas al crecimiento aleatorio de los voladizos adicionados.

## Referencias

- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción Sostenible. Para volver al camino..* Medellín, Colombia: Biblioteca Jurídica Dike: Mares Consultoría Sostenible.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. (2017). *Vivienda VIS y NO VIS*. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/52-espanol/noticias/noticias/4184-vivienda-vis-y-no-vis-i-trimestre-2017>.
- Gelabert Abreu, D., y González Couret, D. (2013). Progresividad y flexibilidad en la vivienda. Enfoques teóricos. *Arquitectura y Urbanismo*, 34(1), 17-31.

Habraken, N. (2000). *Diseño de soportes* (2 ed.). Barcelona, España: Esitorial Gustavo Gilli, S.L.

Kurokawa, K. (1992). *From Metabolism to Symbiosis*. New York, NY: St Martin's Press.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *NRS 10 - Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10*. Recuperado de: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/2titulo-b-nsr-100.pdf>

Norberg-Schulz, C. (1975). *Existencia, espacio y arquitectura*. Barcelona: Barcelona: Blume.

Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial. (2014). *Anexo Técnico. Especificaciones Técnicas. Vivienda y Obras de Urbanismo*. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/141127%20ANEXO%20TECNICO%20PVG%202.pdf>