

Desarrollo implosivo de vivienda social unifamiliar como alternativa de construcción progresiva segura

CARLOS FELIPE URAZÁN BONELLS¹

FABIÁN AUGUSTO LAMUS BÁEZ²

SOFÍA ANDRADE PARDO³

YULI NORETH DAZA CORREA⁴

ANDRÉS FELIPE BONILLA PACHECO⁵

RESUMEN

Los proyectos de vivienda en Colombia se manejan principalmente en opción multifamiliar (apartamento) o unifamiliar (casa). Los primeros restringen la posibilidad de ampliación espacial y su área construida suele ser menor a aquella de la que disponían los hogares en su vivienda anterior (informal). En el caso de las viviendas unifamiliares (casas), la ampliación que realiza el propietario, a medida que dispone de recursos para hacerlo (vivienda progresiva), se asume que no es rigurosa en el seguimiento de los planos e indicaciones que manifiesta el constructor de la unidad básica bajo los preceptos del reglamento sismorresistente. Este trabajo propone un modelo de vivienda de interés social unifamiliar implosiva que entrega al adquiriente la estructura completamente cerrada para doble altura y las instalaciones mínimas de habitación. El desarrollo progresivo consiste en la estructura de escalera y entrepiso en material liviano y de bajo costo, que facilite y agilice el

¹ Ingeniero civil. Doctor en Gestión Territorial e Infraestructura del Transporte. Profesor titular, Universidad de La Salle. Correo electrónico: caurazan@unisalle.edu.co

² Ingeniero civil. Doctor en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Profesor asociado, Universidad de La Salle. Correo electrónico: falamus@unisalle.edu.co

³ Ingeniera civil. Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Estructural. Profesora asistente, Universidad de La Salle. Correo electrónico: soandrade@unisalle.edu.co

⁴ Ingeniera civil. Semillero de investigación ESMAV, Universidad de La Salle. Correo electrónico: ydaza69@unisalle.edu.co

⁵ Ingeniero civil. Semillero de investigación ESMAV, Universidad de La Salle. Correo electrónico: abonilla05@unisalle.edu.co

FECHA DE RECEPCIÓN: 8 DE DICIEMBRE DE 2014 • FECHA DE APROBACIÓN: 20 DE MARZO DE 2015

Cómo citar este artículo: Urazán Bonells, C. F., Lamus Báez, F. A., Andrade Pardo, S., Daza Correa, Y. N. y Bonilla Pacheco, A. F. (2015). Desarrollo implosivo de vivienda social unifamiliar como alternativa de construcción progresiva segura. *Epsilon*, (25), 203-215.

proceso constructivo, que disminuya significativamente el riesgo de colapso de la vivienda en caso de un evento natural. A la vez, continúa ofreciendo la ventaja de ampliar el área útil de la vivienda.

Palabras clave: autoconstrucción, desarrollo expansivo, desarrollo implosivo, presupuesto, vivienda de interés prioritario, vivienda de interés social.

Implosive Development of Single-Family Housing as a Safe Progressive Construction Alternative

ABSTRACT

Housing projects in Colombia mostly consist in multiple-family (apartment) or single-family (house) housing. The former restricts the possibility of spatial expansion and its built-up area is usually smaller than that of their former type of house (informal). In the case of single-family housing (houses), expansions made by the owner — which are proportional to the economic resources that are available to him (progressive housing) — are assumed not to adhere to the plans and instructions of the basic unit constructor under the provisions of seismic regulations. This paper proposes an implosive, single-family social interest housing model that delivers a fully closed, double height structure with the minimum room facilities. Progressive development consists in the staircase structure and mezzanine in a lightweight and low cost material in order to facilitate and speed up the construction process, significantly decreasing the house's risk of collapse in the event of a natural event. It also offers the advantage of extending the useful area of the house.

Keywords: self-build, open development, implosive development, budget, priority interest housing, social interest housing.

Desenvolvimento implosivo de vivenda social unifamiliar como alternativa de construção progressiva segura

RESUMO

Os projetos de vivenda na Colômbia se manejam principalmente em opção multi-familiar (apartamento) ou unifamiliar (casa). Os primeiros restringem a possibilidade de ampliação espacial e sua área construída tende a ser menor que aquela da que dispunham os lares em sua vivenda anterior (informal). No caso das vivendas unifamiliares (casas), a ampliação que o proprietário realiza, a medida que dispõe de recursos para fazê-lo (vivenda progressiva), se assume que não é rigorosa no seguimento dos planos e indicações que o construtor manifesta da unidade básica sob os preceitos do regulamento sismo-resistente. Este trabalho propõe um modelo de vivenda de interesse social unifamiliar implosiva que entrega ao adquirente a estrutura completamente fechada para dupla altura e as instalações mínimas de habitação. O desenvolvimento progressivo consiste na estrutura de escada e entrepiso em material leve e de baixo custo, que facilite e agilize o processo construtivo, que diminua significativamente o risco de colapso da vivenda em caso de um evento natural. Ao mesmo tempo, continua oferecendo a vantagem de ampliar a área útil da vivenda.

Palabras clave: autoconstrucción, desenvolvimiento expansivo, desenvolvimiento implosivo, presupuesto, vivienda de interesse prioritário, vivienda de interesse social.

Introducción

El Gobierno colombiano, en pro de brindar una mejor calidad de vida a las personas de bajos recursos, ha implementado un sistema de viviendas accesible económicamente,¹ mediante el cual se entrega construida la unidad básica de vivienda, compuesta por áreas destinadas a baño, cocina, una habitación y un área destinada para desarrollo, con el fin de que el beneficiario a futuro autoconstruya y mejore las condiciones de habitabilidad de la vivienda en condición de espacio adicional (autoconstrucción de vivienda progresiva).² Los derechos humanos establecen que toda persona debe tener acceso y proteger un hogar y una comunidad como elemento fundamental de dignidad humana, salud física y mental, para obtener una mejor calidad de vida (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Cada vivienda debe tener unos parámetros mínimos que ofrezcan a las personas habitantes un área adecuada para dormitorio, un espacio suficiente para un almacenamiento de ropa (clóset), un lugar para el aseo personal y de la ropa y una unidad sanitaria que brinde disposición sanitaria de excretas, aseo personal en ducha, lavamanos, una zona de lavado, secado y planchado de ropa, una lugar de alimentación que tenga el espacio para almacenamiento, limpieza y consumo de alimentos, con iluminación natural, ventilación e instalación eléctrica para iluminación, nevera y

1 Denominadas: Vivienda de Interés Social (VIS) si su costo es igual o inferior a 135 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV), o Vivienda de Interés Prioritario (VIP) si su costo es igual o inferior a 70 SMMLV.

2 *Unidad básica.* Puede definirse como el recinto habitable que contiene los componentes mínimos para cobijar a un núcleo familiar. Esta unidad básica, en un proceso adaptativo como el que se trata de comprender aquí, es una fase inicial entendida como una estructura que se entrega inacabada, y que, con el paso del tiempo, se consolida en una vivienda completa. Esta fase inicial corresponde a la unidad básica con espacio máximo y costo mínimo.

Vivienda completa. Debe albergar las actividades humanas de manera adecuada. Para esto debe cumplir con unas características básicas traducidas tanto en espacios como en servicios. La vivienda debe ser estable (segura) y debe contar con los servicios domiciliarios básicos. Además, debe diferenciar espacios para albergar en forma apropiada las diferentes actividades que se desarrollan dentro de ella, "las cuatro actividades vitales: descanso, preparación de alimentos, actividades sanitarias y encuentro familiar y de desarrollo cultural" (Moncaleano y Morales, 2006).

electrodomésticos de cocina, instalación para una estufa eléctrica o a gas natural o propano. El área de dormitorios debe ser funcional. La vivienda debe contar con una o más habitaciones totalmente independientes, con iluminación eléctrica y una planta multifuncional que se adapte como área social (Ballén, 2007).

En la actualidad, la tendencia del modelo de vivienda de interés social (VIS) en Colombia (y al menos en la región latinoamericana) (García y Urazán, 2013) consiste en diseños para desarrollo expansivo, es decir, en el cual el beneficiario autoconstruye lo que se denomina segunda planta y su respectiva cubierta, o completa constructivamente el área disponible en el primer nivel.³ El problema de este tipo de construcción es la presunción de que, no obstante la constructora entregue al habitante las especificaciones de construcción para la etapa progresiva, este no seguirá a cabalidad el diseño propuesto, sino que construirá reduciendo especificaciones (constructivas y en materiales) con el fin de abaratar el presupuesto que se debe invertir. Este hecho trae como consecuencia principal la vulnerabilidad de la edificación ante una amenaza sísmica (AIS, 2010).

Una preocupación añadida a la mala praxis constructiva que busca reducir costos es la creencia popular de que los métodos comunitarios empleados en la construcción de vivienda en barrios o sectores de carácter informal son suficientes y seguros. Esto se respalda por tradición y por el hecho de que muchas de esas edificaciones, a la fecha, no han colapsado estructuralmente. Un estudio realizado en varios sectores de Bogotá pone de manifiesto las principales patologías encontradas en edificaciones construidas sin requerimientos técnicos apropiados (Valbuena, Mena y García, 2014). Por su parte, Tarchópolus y Ceballos (2003) exponen en otro documento las principales carencias de calidad de vivienda popular en Bogotá.

El proyecto base para este estudio, la urbanización de vivienda de interés social Torcoroma I, muestra en sus primeros meses de habitación casos de mayor área construida por sus propietarios. Por un lado, hay crecimiento en altura, lo cual irrespeta no solo la norma urbana de los voladizos, sino que, con seguridad, tampoco cumple a cabalidad las exigencias constructivas que el promotor facilitó al propietario (figura 1). En el caso de otra vivienda se observa el paulatino levantamiento de muros de cerramiento, aparentemente con un adecuado criterio constructivo (figura 2).

3 Se pueden apreciar varios de los proyectos estatales VIP del programa de vivienda gratuita (Colombia) en: <http://100milviviendasgratis.gov.co>



Figura 1. Ampliación a segundo nivel en viviendas del proyecto Torcoroma I

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Construcción de muro de cerramiento en viviendas del proyecto Torcoroma I

Fuente: elaboración propia.

En páginas más adelante, la figura 4 muestra una imagen en la cual se ha construido el cerramiento del antejardín y otra en la cual se observa la construcción de muros de cerramiento del patio. Con el fin de minimizar la vulnerabilidad ante la amenaza sísmica, existe un planteamiento que propone que la construcción inicial, entregada

al habitante o usuario, incluya toda la estructura de cierre y confinamiento de la edificación, es decir, la totalidad de muros de fachada (incluyendo la correspondiente estructura) y la cubierta definitiva. Por tanto, los elementos que componen el desarrollo progresivo de la vivienda son la losa de entrepiso, algunos muros divisorios del primer piso y los muros divisorios en el segundo nivel.

Cabe aclarar que en el esquema descrito los materiales de los elementos que se van a emplear por autoconstrucción son livianos, de fácil manipulación y ensamblaje y de bajo costo, esto con el fin de ayudar al proceso de vivienda progresiva y aumentar la seguridad estructural de la vivienda al ser elementos constructivos no estructurales. A este esquema de vivienda progresiva se le conoce con el término de *vivienda implosiva*, y al esquema tradicional ya mencionado, como *vivienda expansiva* (Ospina y Bermúdez, 2008). En la figura 3 se observa, de manera esquemática, la parte construida por el promotor de vivienda (unidad básica) y la parte que se va a desarrollar por el beneficiario, tanto en la unidad expansiva como en la implosiva.

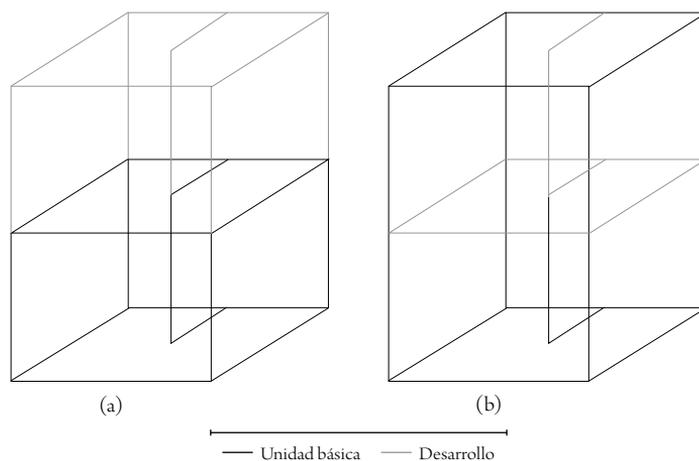


Figura 3. Esquema indicativo de vivienda progresiva: a) expansiva y b) implosiva

Fuente: elaboración propia.

Propuesta y metodología empleada

Para evaluar si un esquema de vivienda unifamiliar implosiva resulta apropiado como VIS en cuanto a costo, se trabajó con la modificación de un modelo de

vivienda social existente: el proyecto Torcoroma I, desarrollado en Cúcuta en 2002 (figura 4).



Figura 4. Viviendas del proyecto Torcoroma I

Fuente: elaboración propia.

El análisis se fundamentó en los planos arquitectónicos, planos estructurales, cantidades de obra y presupuesto del proyecto ya desarrollado. A partir de la distribución arquitectónica se amplió la unidad de vivienda a doble altura, modificando las cantidades de obra y la cubierta (que ya no sería losa de entrepiso sino cubierta definitiva), y se modificó, claro está, la estructura que acompaña la modificación de fachadas y cubierta, amparado en el NSR-10 Título E (viviendas de 1 y 2 pisos). Las cantidades de obra fueron ajustadas para la vivienda propuesta y los precios unitarios del presupuesto se actualizaron a valores de 2014.

En el proyecto original Torcoroma, las viviendas tienen un área de aproximadamente 18 m² y con un terreno para su expansión; su forma de construcción es dual con la vivienda siguiente y la estructura trabaja como si fuera una edificación simple. Por tal motivo, se han unido las dos viviendas y se han rediseñado arquitectónicamente los espacios y divisiones internas, utilizando el mismo terreno que ocupan las dos viviendas, pero ahora en la propuesta la vivienda tiene 36 m² construidos.

Para el presupuesto de la vivienda implosiva se han tenido en cuenta algunos ítems del presupuesto original, pero realizando cambios requeridos por la propuesta. La vivienda (a precios actualizados en 2014) tiene un costo directo de \$22.498.419 y un costo total de \$33.694.022, con lo cual registra una utilidad de 7 % y costos de administración e imprevistos por el 17 %. Como dato adicional, según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el costo por obras de urbanismo por vivienda es aproximadamente nueve veces el salario mínimo colombiano.

En resumen, el modelo de VIS propuesto se obtuvo a partir de dos proyectos reales existentes, construidos en zonas de sismicidad intermedia similar a la de Bogotá, sobre los cuales se realizaron modificaciones arquitectónicas, para mejorar la distribución de espacios e incrementar el área de construcción. Una vez obtenidas estas modificaciones se procedió a realizar el diseño estructural con base en los parámetros establecidos en el título E para viviendas de uno y dos pisos, del *Reglamento colombiano sismo resistente* (AIS, 2010). Finalmente, con el diseño estructural se obtuvieron las cantidades de obra para esta vivienda y se calculó el presupuesto de los costos directos de construcción; se esperó que estos se encontraran dentro del presupuesto establecido para VIS de 135 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV).

Para dar mayor claridad a la propuesta de vivienda implosiva, las figuras 5 y 6 recrean la distribución arquitectónica sobre la cual se replantearon las cantidades de obra y el presupuesto. Como se aprecia, la segunda planta no se entrega. Las unidades hidrosanitarias (baño, cocina) están en el primer piso, pero sí se dejan construidas las ventanas (incluida carpintería) en el segundo nivel, con el propósito de evitar que en la adecuación de lo progresivo los habitantes intervengan la estructura de fachada.

Pero la estructura, mampostería y cubierta no sería lo único por modificar. La necesidad de llevar el tanque elevado para abastecimiento de agua a una cubierta a



Figura 5. Distribución de espacios, planteados para la vivienda implosiva

Fuente: elaboración propia.



Figura 6. Fachada planteada para la vivienda implosiva

Fuente: elaboración propia.

mayor altura requirió aumentar la extensión de la red hidrosanitaria, atendiendo los parámetros expuestos en el *Código colombiano de fontanería* (Icontec, 2004). A continuación se resumen las principales consideraciones tenidas en cuenta para el diseño estructural de la propuesta implosiva.

El sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación es el de muros estructurales, los cuales han sido dimensionados de acuerdo con las especificaciones del título E del reglamento NSR-10 (AIS, 2010), para casas de uno y dos pisos. Consistentemente, el material estructural empleado es la mampostería confinada. En este

caso, los muros estructurales se encargan de resistir tanto las cargas gravitacionales como las fuerzas horizontales causadas por el sismo o el viento.

Las dimensiones de los muros se establecieron con el supuesto de que la edificación se localiza en una zona de amenaza sísmica intermedia, por lo que se seleccionó un espesor de 120 mm, superior al mínimo. De la misma forma, con el fin de garantizar una capacidad de disipación moderada de energía, se calculó y se proporcionó una longitud de muros confinados superior a la mínima requerida por el NSR-10, y estos se distribuyeron procurando que la localización del centro de rigidez estuviera dentro de los límites permitidos por el reglamento.

La cimentación de la edificación se conformó a partir de un sistema de vigas configuradas en forma de anillos rectangulares. Las columnas de confinamiento se anclan a la cimentación y son dimensionadas y detalladas de acuerdo con lo establecido en los títulos D y E del NSR-10 para la mampostería confinada. En las vigas de amarre se tuvieron las mismas consideraciones, así como las fuerzas internas resultantes de la aplicación de las diferentes cargas que actúan sobre la edificación.

Para el entrepiso se plantearon dos alternativas de losa aligerada. En primer lugar se diseñó una placa aligerada compuesta por viguetas de concreto, con una sección de $0,12 \times 22$ m, una torta inferior y placa superior de concreto. El refuerzo para este tipo de vigueta se obtuvo del diseño por el método de la resistencia última. Debido a que este último elemento no es considerado dentro de la unidad básica, se propuso la implementación de perfiles metálicos sobre los cuales irán apoyadas las viguetas, de acuerdo con lo evaluado por Cortés (2011), quien estudió un sistema de perfiles metálicos anclados a la viga de amarre de entrepiso, en el cual se soportan viguetas de sección rectangular prefabricadas.

Para los muros divisorios de la segunda planta se presenta como alternativa un sistema liviano que facilita adaptar la vivienda a las diferentes necesidades de los beneficiarios. Además, se pretende incentivar el uso de un recurso natural que es fácil de manejar, es económico y presenta una resistencia adecuada: la guadua. Por ello, se ha pensado en elementos no estructurales de bahareque encementado. Según el apartado E.7.3.1 del reglamento NSR-10, “el bahareque encementado” es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua, o guadua y madera, cubierto con un revoque

de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, clavada en esterilla de guadua que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro” (AIS, 2010).

Las especificaciones para la construcción del bahareque encementado pueden verse en el NSR-10 E.7.3.2; allí se menciona que el bahareque está compuesto por dos partes principales: el entramado y el recubrimiento. Los procedimientos y recomendaciones para la fabricación del bahareque se encuentran explicados en AIS (2008).

Así mismo, para el entrepiso se propone el uso de guadua rolliza organizada sobre las viguetas prefabricadas. Cabe resaltar que este material ha demostrado tener un comportamiento estructural que permite brindar la seguridad necesaria para este tipo de elementos complementarios a la estructura. Los muros y el entrepiso autoconstruidos por el propietario de la vivienda son de suma importancia, ya que estos no son ni muros ni placas estructurales, pero de su forma de construcción depende que estos sean seguros.

Análisis del modelo de vivienda resultante

Entre las consideraciones que resultan del análisis comparativo entre el modelo de vivienda expansiva y la implosiva, se tiene que:

El costo máximo por unidad de vivienda no ha de superar los 135 SMMLV (concepto de VIS), lo que equivale a cerca de \$86.000.000 colombianos a 2014. La vivienda propuesta tiene un costo directo de construcción, al que sumando los valores por administración, imprevistos y utilidades (AIU), e incluyendo el costo aproximado por las obras de urbanismo y terreno, no supera los \$45.000.000 en costos directos, de lo cual resulta un 40 % del valor límite. Esto indica que la vivienda de desarrollo implosivo tiene grandes oportunidades de desarrollarse y aplicarse en un proyecto de construcción de vivienda social en Colombia.

Ahora bien: hacer un entrepiso con un material liviano y fácil de manejar por el propietario constructor, quien es el encargado de realizar esta autoconstrucción, es muy beneficioso, ya que la guadua es una materia natural fácil de adquirir y con propiedades técnicas y mecánicas que le dan ventaja para la construcción del

entrepiso, y no solo de este sino también de los muros divisorios en la segunda planta, debido a que, por ser de desarrollo implosivo, el propietario podrá distribuir los espacios en la segunda planta de acuerdo con sus requerimientos.

Lo bueno de la construcción tipo implosiva es que cumple a cabalidad con el reglamento NSR-10, que dicta en sus numerales algunos requerimientos mínimos en una casa de uno y dos pisos. En esta ocasión los muros estructurales están en la primera y segunda planta, las columnas tienen un anclaje desde la cimentación, la cubierta está amarrada a las vigas y todo esto brinda una gran seguridad a la vivienda y a la comunidad misma que habite la edificación.

Conclusiones

Las construcciones de VIS en Colombia, con un tipo de desarrollo implosivo, sí son viables económica y estructuralmente, puesto que, en cuanto a lo primero, sus costos directos de construcción están dentro de los 135 SMMLV a 2014; y respecto a lo segundo, los diseños estructurales se basaron en la NSR-10, con lo cual se muestra el cumplimiento con los reglamentos de ley establecidos.

Los requisitos para el cumplimiento de las normas de construcción de una vivienda están regidos por el título E del reglamento NSR-10, “Viviendas de uno y dos pisos”, fundamentados en cimentación y sus generalidades, estructuras de los cimientos, muros en mampostería confinada, espesor mínimo de muros estructurales confinados, longitud de muros estructurales, cantidad de muros en cada dirección, longitud mínima de muros confinados, distribución de muros, verificación de la resistencia de muros, columnas para el muro de confinamiento, dimensiones, ubicaciones, refuerzo mínimo, vigas de confinamiento, dimensiones, refuerzo de las vigas y cubiertas (AIS, 2010).

Los muros divisorios en la segunda planta serán en un material más manejable. Por tal motivo, se le indica al propietario la guadua y el bahareque encementado como mejor opción para los muros y la placa de entrepiso, con unas especificaciones más concretas expuestas en el documento.

Referencias

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2008). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Bogotá: autor.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá: autor.
- Ballén, S. (2007). *Vivienda social en altura tipologías urbanas y directrices de producción en Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés, A. (2011). *Estudio y contrastación experimental de una ménsula fabricada con ángulos de acero estructural y pernos adheridos con resina epóxica, para soportar viguetas de sección rectangular en elementos de concreto endurecido* (tesis de maestría). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- García, A. y Urazán, C. F. (2013). *Análisis comparativo de políticas de vivienda social en Colombia, Chile, Brasil, México, Perú y Venezuela* (en prensa). Bogotá: Universidad de La Salle.
- Icontec. (2004). *Código colombiano de fontanería*. Bogotá: autor.
- Moncaleano, A. y Morales, A. (2006). *Vivienda digna para todos, manifiesto hacia la construcción de una política pública de vivienda social, democrática, equitativa e incluyente que garantice un hábitat digno para los colombianos*. Bogotá: Foro Permanente, Pontificia Universidad Javeriana.
- Ospina, F. y Bermúdez, R. (2008). *Vivienda social. Una mirada desde el hábitat y la arquitectura*. Bogotá: Secretaría de Hábitat, Alcaldía Mayor.
- Tarchopolus, D. y Ceballos, O. (2003). *Calidad de la vivienda dirigida a los sectores de bajos ingresos en Bogotá*. Bogotá: Centro Editorial de la Universidad Javeriana.
- Valbuena, S., Mena, M. y García, C. (2014). *Sistema constructivo de la vivienda popular en sectores vulnerables de la ciudad de Bogotá D. C. Diagnóstico*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

