
Indicadores arquitectónicos, urbanísticos y financieros para proyectos de vivienda de interés social en Bogotá

Jimena Caro Delgado ^a

^a Arquitecta UN – Estudiante de Maestría en Construcción, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. jcarod@unal.edu.co

Abstract

This study presents a series of indicators designed for the analysis, evaluation and structuring of housing projects of social interest in the architectural, urban and financial fields. The research process involved the study of 20 social interest housing projects located in the city of Bogotá, under development between 2018 and 2019, with heights between 12 and 30 floors, which were recorded on a digital platform “Sistema de Información de Bienes de Interés Constructivo (SIBICO)” [6]. The results obtained facilitate the comparison, evaluation, monitoring and control of projects of this nature.

Keywords: building; uncertainty social dwelling, indicators; analysis criteria.

Resumen

Este estudio presenta una serie de indicadores diseñados para el análisis, evaluación y estructuración de proyectos de vivienda de interés social en los ámbitos arquitectónico, urbanístico y financiero. El proceso de investigación involucró el estudio de 20 proyectos de vivienda de interés social ubicados en la ciudad de Bogotá, en fase de desarrollo entre los años 2018 y 2019, con alturas comprendidas entre 12 y 30 pisos, los cuales se registraron en el Sistema de Información de Bienes de Interés Constructivo (SIBICO). Los resultados obtenidos facilitan la comparación, evaluación, seguimiento y control de proyectos de esta naturaleza.

Palabras clave: construcción; incertidumbre; vivienda de interés social; vis; indicadores; criterios de análisis.

Introducción

La actividad de la construcción depende de una amplia gama de factores que afectan el producto final. Estas variables están presentes en los distintos componentes de los proyectos; por lo tanto, generar indicadores para el sector de la construcción presupone una dificultad relacionada con el número de incógnitas que se presentan. Sin embargo, en Colombia, existe un tipo de edificación cuya incógnita de valor de venta se encuentra reglamentada: según el artículo 90 de la Ley 1753 de 2015, el valor de venta de la vivienda de interés social no ha de exceder los 135 salarios mínimos mensuales legales vigentes (smmlv). Esta característica, sumada a la homogenización del mercado en cuanto a áreas, espacios, materiales y zonas comunales, permite un estudio comparativo y el desarrollo de una serie de indicadores arquitectónicos, urbanísticos y financieros que facilitan la estructuración, evaluación y comparación de este tipo de proyectos.

1 Metodología

Para establecer los indicadores para proyectos de vivienda de interés social, se la descripción y análisis de variables en cuanto a su incidencia e interrelación; para ello, se adopta el modelo de *investigación transversal correlacional*, desarrollado por Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, L. [6].

La población corresponde a 70 proyectos de vivienda de interés social en Bogotá, identificados en el estudio “Oferta de vivienda nueva disponible en Bogotá” de la Secretaría Distrital del Hábitat [1] registrados entre diciembre de 2018 y marzo de 2019. La muestra no probabilística la componen 20 proyectos compuestos por volúmenes de 12 a 30 pisos de altura, con el propósito de asemejar, en cierto grado, los sistemas estructurales, cimentación, circulaciones verticales, tipos de agrupación y áreas complementarias de las viviendas.

Los proyectos seleccionados se inscriben en la plataforma SIBICO, donde se realiza la captura de información a través de formularios relativos a los ámbitos arquitectónico, urbanístico y financiero, en las escalas de implantación, agrupación y tipología.

2 Resultado

Del estudio correlacional se genera una serie de indicadores que evidencian relación proporcional entre ciertos campos.

2.1 (x_1) - Valor absoluto de la unidad de vivienda

El objetivo de este indicador es obtener una cifra comparable del valor de venta de una unidad de vivienda a través de la conversión a número de salarios mínimos mensuales legales (smml) proyectados al año de escrituración. La ecuación se presenta a continuación:

$$x_1 = \frac{\text{Valor unidad de vivienda}}{\text{smml proyectado}} \quad (1)$$

El rango está determinado por el Artículo 117 de la Ley 1450 de 2011, donde se establece un mínimo de 70 smmlv y valor máximo de 135 salarios, exceptuando zonas de renovación urbana, donde el valor puede ascender a 175 salarios (Decreto 583 de 2017).

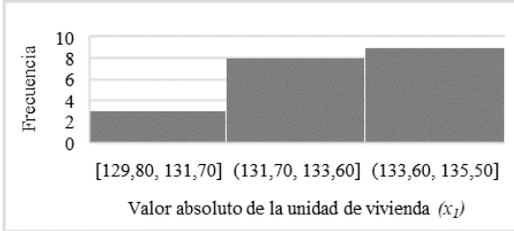


Figura 1. Distribución de frecuencias para x_1 .
Fuente: la autora.

El promedio del valor absoluto de la unidad de vivienda de la muestra corresponde a 133.37 salarios mínimos mensuales legales proyectados al año de escrituración, con tendencia al límite máximo del rango. El 25% de los proyectos alcanza el tope VIS de 135 smmlv. El menor valor (P-VIS-003) corresponde a 129.80 salarios. El 45% de la muestra presenta un valor de venta entre 133.6 y 135.0 salarios; el 40% entre 131.7 y 133.6 salarios; y el 15% restante de la muestra presenta un x_1 entre 129.8 y 131.7 salarios por unidad de vivienda.

2.2 (x2) - Costo directo absoluto por m²

Este indicador busca obtener una cifra comparable del costo directo por m² construido de vivienda, expresado en salarios mínimos mensuales legales proyectados al año de escrituración. El factor aplicado al valor total del proyecto se determina en la estructura de costos para VIS, en la cual, el capítulo Agrupaciones - AG, corresponde al 32,137% del valor total de ventas, según la siguiente fórmula.

$$x_2 = \frac{\left(\frac{\text{Valor proyecto} * 0.3213}{(\text{ACU} * \text{NUV}) + \text{ACP}} \right)}{\text{smml proyectado}} \quad (2)$$

Donde,

ACU = Área construida por unidad
NUV = Número de unidades de vivienda
ACP = Área de circulación por piso

El valor obtenido no tiene ninguna restricción, sin embargo, depende directamente del área construida de la unidad de vivienda, el precio de venta, el número de unidades y tipo de agrupación del conjunto.

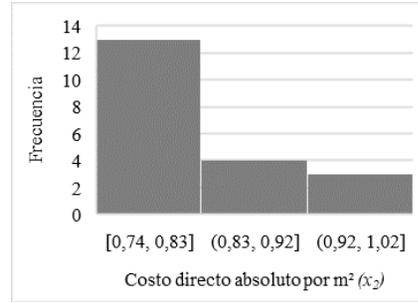


Figura 2. Distribución de frecuencias para x_2 .
Fuente: la autora.

El valor promedio del costo directo absoluto por m² de la muestra corresponde a 0.83 salarios mínimos mensuales legales proyectados al año de escrituración. En el gráfico anterior, se observa que el 65% de los proyectos de la muestra presentan un x_2 entre 0.74 y 0.83 salarios/ m²; el 20% entre 0.83 y 0.92, y el 15% entre 0.92 y 1.02 salarios por m². Se evidencia una clara tendencia a la reducción del costo y se resalta la homogeneidad de este indicador.

2.3 (x3) - Unidades por agrupación

El objetivo del indicador es establecer el número de unidades agrupadas por estructura (torre o bloque), las cuales comparten el punto fijo de circulación vertical y las áreas de circulación horizontal, según la ecuación:

$$x_3 = \frac{\text{No. de unidades}}{\text{No. de agrupaciones}} \quad (3)$$

Para la lectura de este indicador, es necesario recordar que la cantidad de unidades de vivienda, depende principalmente de los índices de ocupación, construcción, y el límite de altura permitidos por la norma urbanística para el predio donde se localiza el proyecto, así como el tipo de agrupación adoptado en cada caso. Haciendo esta salvedad, se determinan los rangos más frecuentes: el 55% de la muestra presenta entre 64 y 155 unidades por agrupación, el 30% presenta entre 155 y 246 de x_3 , como se evidencia en la siguiente figura.

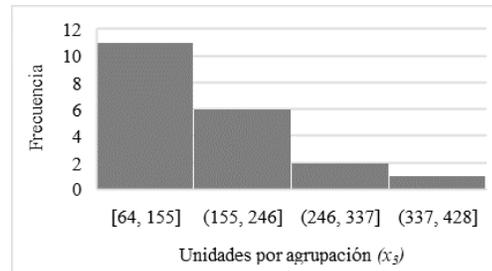


Figura 3. Distribución de frecuencias para x_3 .
Fuente: la autora.

2.4 (x4) - Índice de espacios comunales

Este índice permite determinar la correspondencia entre el número total de unidades de vivienda por proyecto, y el número de espacios comunales.

$$x_4 = \frac{\text{No. de unidades de vivienda}}{\text{No. de espacios comunales}} \quad (4)$$

El valor deseable es el mínimo posible, ya que a menor número de unidades de vivienda/ espacios comunales, mayor oferta, variedad y exclusividad de espacios complementarios para los habitantes del proyecto.

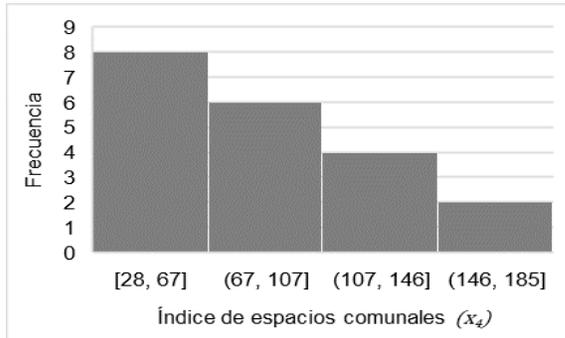


Figura 4. Distribución de frecuencias para x_4 .
Fuente: la autora.

Según los resultados obtenidos, se determina que el número de espacios comunales no es una variable dependiente del número de unidades de vivienda pues espectro del valor x_4 oscila ampliamente entre valores de 28 y 185; sin embargo, se presenta una tendencia del intervalo 28 a 67 unidades de vivienda/ espacio comunal, con una incidencia del 35%. También se evidencia el decrecimiento en la frecuencia hacia los intervalos más elevados.

2.5 (x5) - Conjuntos en horizontal

El propósito de este indicador consiste en establecer el número de agrupaciones por piso. Depende directamente del número de pisos y del número de agrupaciones (torre o bloque); Sin embargo, no toma en cuenta el número de unidades.

$$x_5 = \text{No. torres} * \text{No. pisos} \quad (5)$$

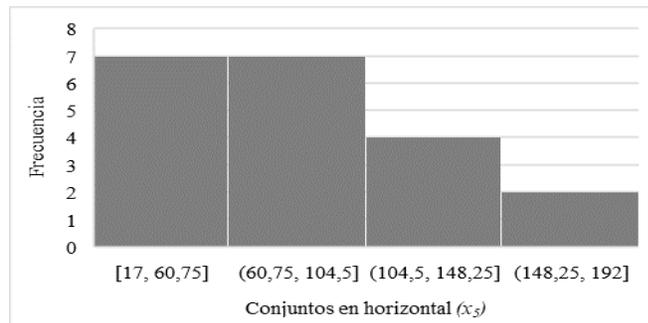


Figura 5. Distribución de frecuencias para x_5 .
Fuente: la autora.

Los resultados obtenidos indican que la amplitud excesiva del rango y a implicación de variables como área de terreno y normativa, dificultan la predicción de esta variable.

Se concluye que este indicador por sí mismo no permite resultados congruentes, sin embargo, puede convertirse en una herramienta para generar otro tipo de correlaciones.

2.6 (x6) - Índice del espacio eficiente

Este indicador tiene como propósito establecer la eficiencia de la composición y estructura de las unidades a través de la relación entre el área construida y el área útil, descontando el área ocupada por muros y puertas.

$$x_6 = \frac{\text{Área mín. privada}}{\text{Área mín. construida}} \quad (6)$$

El valor deseable es el máximo posible. Este índice es inversamente proporcional al grado de compartimentación de la unidad.

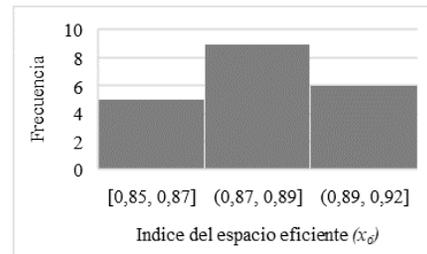


Figura 6. Distribución de frecuencias para x_6 .
Fuente: la autora.

Los valores x_6 oscilan entre 0.85 y 0.91. El 45% de la muestra presenta un índice de espacio eficiente comprendido entre 0.87 y 0.89. El área reducida de la unidad de vivienda de interés social limita esta eficiencia y por ello el 25% de los proyectos presentan entre un 15% y un 9% de espacio no habitable, ocupado por muros y puertas.

Al analizar la configuración de las unidades con x_6 mínimo y máximo (ver

Figura 8), se encuentran espacialidades distintas. Las unidades de P-VIS-007 se compartimentan apoyándose en retranqueos de fachada; por otro lado, las unidades de P-VIS-012 se conforman por un espacio abierto en el cual las habitaciones se encuentran separadas por el baño. Las pantallas estructurales también actúan como elementos divisorios. Es previsible en este caso esperar que, a futuro, los habitantes consideren conveniente construir muros divisorios para lograr mayor privacidad en los espacios.

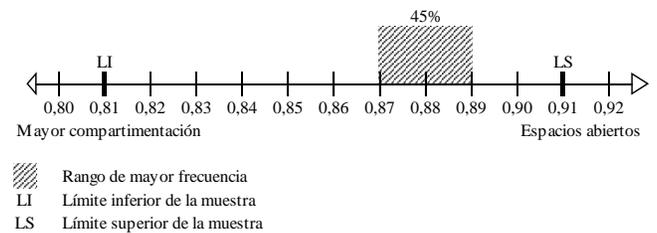


Figura 7. Gráfico de lectura del indicador x_5 .
Fuente: la autora.

La Figura 7 presenta el gráfico de lectura del indicador, con el cual se espera facilitar su implementación.

Al analizar la interacción del indicador con el área de la unidad de vivienda, se evidencian dos condiciones:

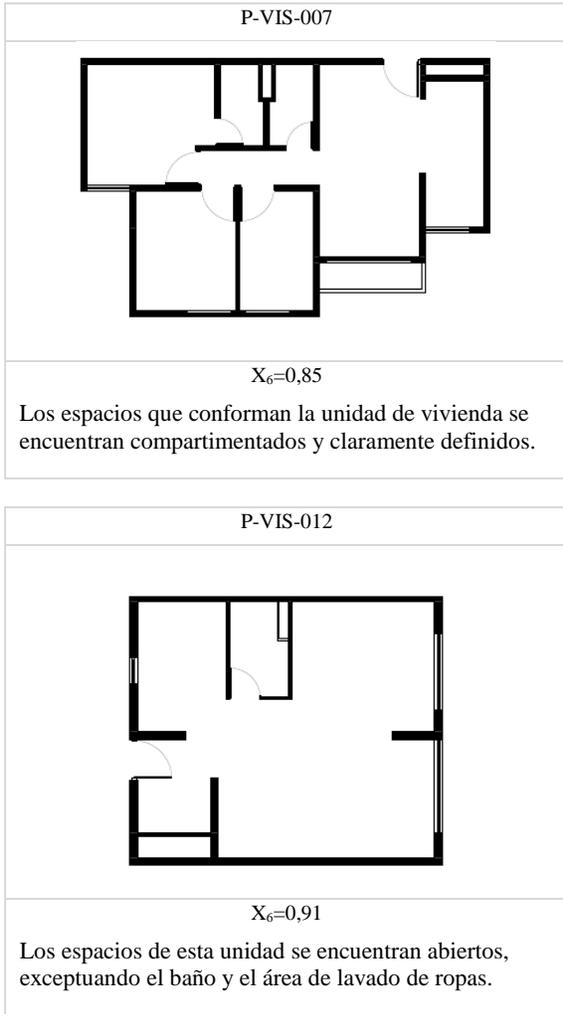


Figura 8. Espacialidades opuestas del índice del espacio eficiente
 Fuente: la autora.

2.7 (x7) - Valor de venta absoluto por m²

Este indicador se crea con el objetivo de obtener una cifra comparable del valor de venta por m² de vivienda, expresado en salarios mínimos mensuales legales proyectados al año de escrituración.

$$x_7 = \frac{\left(\frac{\text{Valor unidad}}{\text{Área mín. construida}} \right)}{\text{smml proyectado}} \quad (7)$$

Los resultados indican que el valor de venta absoluto por m² varía entre 2.62 y 3.01, con un 65% de la muestra, oscilando entre 2.92 y 3.12. El 35% restante presenta valores comprendidos entre 3.12 y 3.79 salarios mínimos mensuales proyectados al año de escrituración, por m². Se deduce que la superación del límite de 3.12 smmlv/ m² repercute drásticamente en las utilidades del proyecto.

- a) Homogeneidad en el valor de venta absoluto por m² (x7). Aplicando la fórmula para hallar la desviación estándar de la muestra (S), se obtiene una variación de 0,33

$$S = \sqrt{\frac{\sum [x_i - \bar{x}]^2}{n - 1}} \quad (8)$$

Donde,
 $\bar{x}=3,04$ smml
 $n=20$
 $S=0.33$

- b) Heterogeneidad en las áreas de la unidad de vivienda. La desviación estándar de la muestra (S) de esta variable es de 4,37 m², con una media aritmética (\bar{x}) correspondiente a 44,32. Estas condiciones indican que la variación del valor de venta absoluto por m² está condicionado por el área de la unidad en una relación de inversa proporción. La constante (K) que determina la pendiente, se halla a través de la siguiente fórmula:

$$K=x*y \quad (9)$$

$$K=\text{Área de la unidad}*\text{Valor de venta}/\text{m}^2$$

Al realizar la operación para cada uno de los proyectos que integran la muestra, se obtiene una media aritmética de la constante K igual a 133,36, con una desviación estándar de 1,42. En la siguiente figura se observa el resultante, con lo cual se genera la herramienta de consulta para el sistema de información.

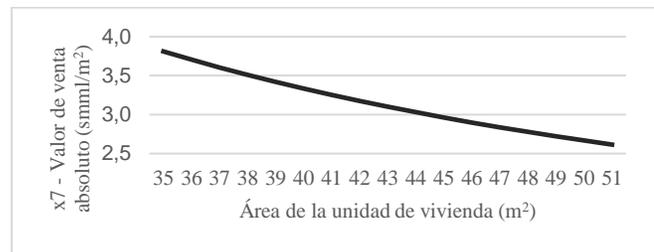


Figura 9. Relación de proporción inversa entre x7 y área de la unidad.
 Fuente: la autora.

2.8 (x8) - Habitabilidad por servicios

Determinar el número de usuarios por unidad de baño al interior de la vivienda. El número de unidades de baño corresponde al número de unidades posible; incluyendo los baños proyectados que se entreguen sin aparatos sanitarios.

$$x_8 = \frac{\text{Número de baños}}{\text{Número de alcobas}} \quad (10)$$

El valor deseable debe ser un balance, teniendo en cuenta los criterios de confort, economía y eficiencia.

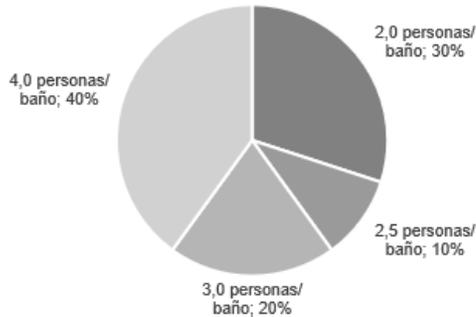


Figura 10. Habitabilidad por servicios.
Fuente: la autora.

Los valores obtenidos indican que el 40% de los proyectos de la muestra presentan un valor de habitabilidad por servicios de 4, lo cual indica que por cada 4 habitantes se construye un solo baño. Se resalta el hecho de la tipología de baño es convencional en la totalidad de los proyectos. En las Guías de Asistencia Técnica para Viviendas de Interés Social [6], se sugiere la implementación de baños múltiples que disgreguen los aparatos en dos espacios, para un uso más eficiente.

2.9 (x9) - Índice de actividad privada comunitaria

Con este indicador se determinan el grado de complementación o suplementación de espacios privados y comunales, donde una actividad privada se desarrolla comunitariamente. Para el caso, se aplica a la zona de estudio.

$$x_9 = \frac{\text{No. de espacios privados de uso "A" / vivienda}}{\text{No. de espacios comunales destinados a "A" + 1}} \quad (11)$$

Rangos:

- $0 \leq x_9 \leq 0.50$ Espacio colectivo suplente.
- $x_9 = 0.66$ Sin espacio colectivo ni privado para la actividad.
- $x_9 = 0.75$ Espacio colectivo complementario.
- $x_9 = 1$ Sin espacio colectivo para la actividad.

Para este caso, se tienen en cuenta los espacios colectivos de “salas de estudio y/o lectura”, “espacios de trabajo colaborativo” y los espacios privados clasificados como estudio/ habitación opcional. Los resultados indican que en el 25% de la muestra, la actividad de estudio se desarrolla en espacios colectivos pues las unidades no cuentan con un área destinada a tal fin. Por otro lado, el 55% de la muestra no cuenta con espacios colectivos, por lo cual la actividad se debe desarrollar al interior de la vivienda. En

el 20% de los casos, el estudio privado se complementa con espacios comunales reservados para esta función

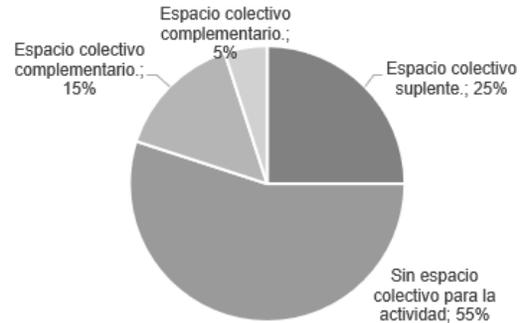


Figura 11. Índice de actividad privada comunitaria para el uso “estudio”.
Fuente: la autora.

2.10 (x10) - Efecto residencial

Este indicador basado en los postulados de Alexander Klein [3], permite determinar la incidencia de las áreas de dormitorio sobre la unidad, evaluando la vocación principal del espacio.

$$x_{10} = \frac{\text{Área de dormitorios}}{\text{Área mín. privada}} \quad (12)$$

El valor medio es el valor deseable, a razón de incluir áreas complementarias al dormitorio al interior de la vivienda, en una proporción equilibrada. El efecto residencial de las viviendas de interés social es con frecuencia mucho mayor respecto a viviendas no VIS debido a la limitación de áreas y la sobreocupación del espacio.

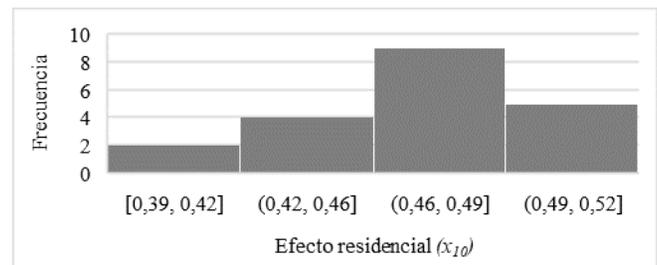


Figura 12. Distribución de frecuencias para x_{10} .
Fuente: la autora.

El valor del efecto residencial presenta un mínimo de 0.39 y un máximo de 0.52. El intervalo que representa el 70% de la muestra corresponde a 0.46 y 0.59, lo cual se interpreta como un 46% a 59% del área útil de la vivienda destinada a dormitorios.

2.11 (x11) - Índice de circulación común por unidad

Este indicador permite determinar el área requerida o aportada por cada unidad en la circulación por conjunto horizontal. Su singularidad radica en ser exploratorio, no hay certeza de que exista un valor recurrente.

$$x_{11} = \frac{\text{Área de circulación}}{\text{No. unidades/piso}} \quad (13)$$

El resultado de este indicador está relacionado con el tipo de agrupación del conjunto y la eficiencia de su distribución

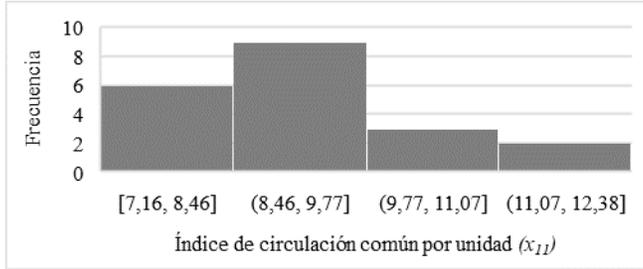


Figura 13. Distribución de frecuencias para x₁₁.
Fuente: la autora.

Los valores obtenidos para x₁₁ demuestran que el 75% de la muestra se ubica entre 7.16 y 9.77 y con mayor precisión, el 45% de los proyectos de la muestra requieren destinar entre 8.46 m² a 9.77 m² por unidad, para la circulación comunal por conjunto horizontal.

2.12 (x₁₂) - Capacidad de circulación vertical

Este indicador determina el área requerida o aportada por cada unidad en la circulación por conjunto horizontal. Valor medio deseable.

$$x_{12} = \frac{\text{No. de unidades por agrupación}}{\text{No. ascensores por estructura}} \quad (14)$$

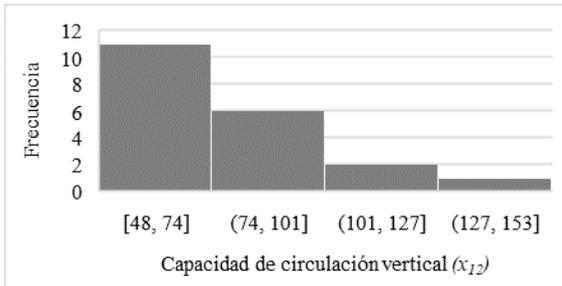
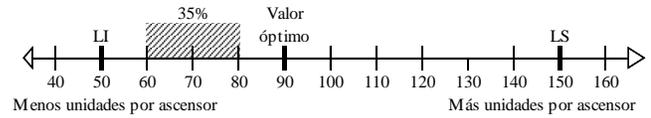


Figura 14. Distribución de frecuencias para x₁₂.
Fuente: la autora.

Como lo evidencia el gráfico anterior, los valores de x₁₂ indican que cada ascensor dispuesto por agrupación moviliza a los habitantes de entre 48 y 153 unidades. 55% de los casos se concentran entre 48 y 74 viviendas.

El valor óptimo de este indicador no se encuentra regulado por las normas que rigen la vivienda de interés social; sin embargo, Waran [2] calcula al menos un ascensor por cada 90 unidades de vivienda; teniendo en cuenta que los tiempos de espera y desplazamiento deben tardar menos de 90 segundos, cifra que depende también de la capacidad de la cabina. Al respecto se elabora el siguiente gráfico.



■ Rango de mayor frecuencia
 LI Límite inferior de la muestra
 LS Límite superior de la muestra

Figura 15. Gráfico de lectura del indicador x₁₂.
Fuente: la autora.

2.13 (x₁₃) - Área rentable

Este indicador representa el área vendible del proyecto. No se incluyen áreas comunes ni parqueaderos, ya que se clasifican como servicios.

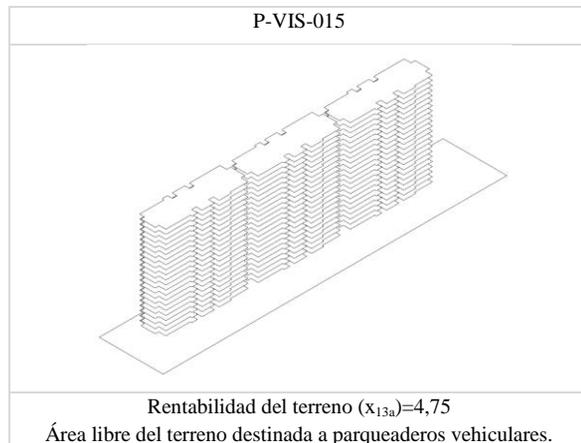
$$x_{13} = \text{Área construida/unidad} * \text{No. de unidades} \quad (15)$$

Los resultados obtenidos indican que las áreas vendibles de los proyectos dependen generalmente de la normativa que rige el predio. En la muestra de los 20 proyectos encontramos x₁₃ desde 11.929 m² hasta 72.200 m², situación similar al indicador x₅, en cuanto a la excesiva amplitud del rango de resultados para generar predicciones; por tanto, se toma como herramienta para la generación del indicador (x_{13a}) - Rentabilidad del terreno.

$$x_{13a} = \frac{\text{Área vendible}}{\text{Área del terreno (m}^2\text{)}} \quad (16)$$

Este indicador determina el grado de rentabilidad de un proyecto al establecer la relación entre el área vendible y el área neta del terreno, una vez se han definido las áreas de cesión. El promedio de rentabilidad de la muestra corresponde a 3.45, siendo 2.00 el valor mínimo y 4.75 el máximo rentable.

La normativa incide sobre la rentabilidad del terreno al limitar el área de construcción y ocupación del lote; sin embargo, el diseño es la herramienta que equilibra la relación entre el área vendible y la disposición zonas complementarias a la vivienda, como se evidencia a continuación.



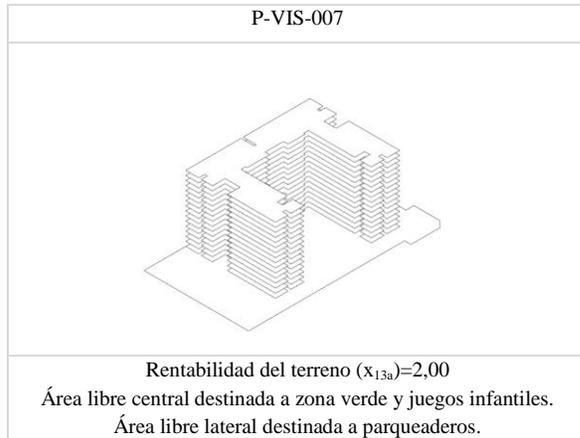


Figura 16. Volumetrías representativas del valor máximo y mínimo de x_{13} . Fuente: la autora.

2.14 (x_{14}) - Densidad neta habitacional un/ Ha

Este indicador se basa en el estudio sobre densidad residencial de Forsyth (2003). Permite determinar número de unidades por hectárea que sugiere la estructura de un proyecto.

$$x_{14} = \frac{\text{No. de unidades}}{\text{Área del terreno}} \quad (17)$$

Los rangos deseables dependen de una lectura conjunta a los índices de ocupación y construcción.

Mayor densidad, mayor ocupación = condición tendiente al hacinamiento.

Mayor densidad, menor ocupación = edificación en altura, conservación de área libre a nivel 0.

Menor densidad, mayor ocupación = volúmenes de baja altura.

Menor densidad, menor ocupación = expansión del área urbana.

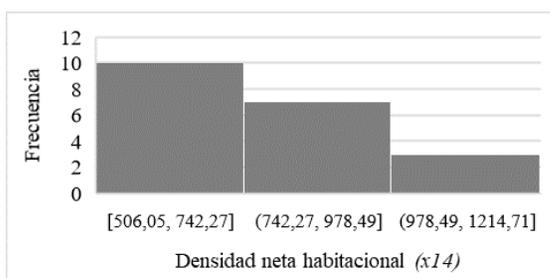


Figura 17. Distribución de frecuencias para x_{14} . Fuente: la autora.

El 85% los proyectos de vivienda de interés social analizados presentan una densidad cercana a 736.05 viviendas/ Ha.

2.15 (x_{15}) - Índice de ocupación (IO)

El índice máximo de ocupación está reglamentado por las normas urbanísticas y su formulación hace parte de las herramientas de control y desarrollo territorial; sin embargo, en esta correlación de datos, es un indicador indispensable para el estudio del ámbito arquitectónico urbanístico y financiero.

El objetivo se basa en determinar la relación entre el área de terreno ocupada y la totalidad del predio, descontando áreas de cesión, reserva vial, control ambiental, entre otros.

$$x_{15} = \frac{\text{Área ocupada}}{\text{Área del terreno}} \quad (18)$$

Los resultados de la muestra arrojan que la media del indicador en la muestra corresponde a 0.24.

2.16 (x_{16}) - Índice de construcción (IC)

De igual manera, el índice máximo de construcción está reglamentado por las normas urbanísticas y su formulación hace parte de las herramientas de control y desarrollo territorial. Se propone su implementación para enriquecer el estudio.

$$x_{16} = \frac{\text{Área ocupada}}{\text{Área del terreno}} \quad (19)$$

Los valores oscilan entre 2.66 y 5.74. con una media de 4.19, con tendencia al rango 4.89 a 4.51.

3. Conclusiones

El conjunto de indicadores presentado suma una serie de instrumentos que permiten la evaluación, comparación y categorización de los proyectos de interés social. Esto representa una ventaja en la medida en que se reduce la incertidumbre y se parametrizan aspectos que solían tender a lo intuitivo.

La integración de los ámbitos arquitectónico, urbanístico y financiero permite un entendimiento más amplio de los proyectos, y orienta a una toma de decisiones técnicas y administrativas más consciente de sus consecuencias.

Se espera que estos resultados motiven el desarrollo de nuevos estudios en la materia, y se mantenga un registro constante y control sobre los proyectos que atienden las necesidades de la población de menores recursos.

4. Bibliografía

- [1] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación.
- [2] Kethees Waran (2018) Transportation system in building. Disponible en: <https://es.slideshare.net/KetheesWaran/building-services-lifts-and-escalators>

- [3] Klein, A. (1980). *Vivienda mínima: 1906-1957*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.
- [4] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Minvivienda (11). *Guías de asistencia técnica para vivienda de interés social* 4 Tomos. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-vivienda/vis-y-vip/gu%C3%ADas-de-asistencia>
- [5] Novoa, F., Caro, J. (2018) *Sistema de Información de Bienes de Interés Constructivo SÍBICO. Memorias Primer Coloquio Colombiano de la Construcción*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Universidad de Los Andes.
- [6] Secretaría Distrital del Hábitat (2019). *Oferta de unidades de vivienda disponible*. Recuperado de: <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/informacion-interes/datos-abiertos>
- [7] Sistema de Información de Bienes de Interés Constructivo SIBICO (2019) Disponible en: www.cerebro.com.co
- [8] Zavadskas, E., Vilutienė, T., Turskis, Z., Šaparauskas, J. (2014). Multi-criteria analysis of Projects' performance in construction, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Volumen 14, Pg.114-121. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1644966513000903>