

## Límites de eficiencia en el trazado urbano: análisis y aplicación.

Marina González de Kauffman; Sonia Aranda; Carmen Villamediana

### Resumen

Este trabajo presenta un estudio en el cual se determinan y analizan los límites de eficiencia de las variables urbanas, a través de modificaciones en el número de viviendas y de unidades de dos modelos tipológicos de organización de áreas residenciales para viviendas de bajo costo utilizadas en Maracaibo (retícula y ramificado o "árbol"). Así mismo, con las pautas dadas por este análisis, se ha realizado un instrumento que gráficamente permite, en forma comparativa entre los modelos tipológicos estudiados, determinar los efectos que las decisiones de diseño tienen en los costos de un desarrollo urbanístico residencial.

### Abstract

*This research pretends, in first instance, to identify and analyze the efficiency limits of urban variables, through variations on the number of dwellings and units, in two different organizational models of residential areas for low-income houses commonly used in Maracaibo (grid and a branches structure). Then, assuming as a starting point the results of the analysis, a graphical instrument has been developed to determine how the designer decisions affect the costs, in a very early stage of the design process of a residential urban development, comparing the two typological models studied.*

### Introducción

La bidimensionalidad que sufren las ciudades venezolanas en términos de su desarrollo urbano, está determinada por las zonas de urbanización informal que la han acometido de forma violenta, como producto de la necesidad de vivienda que sufren los más pobres. Esta urbanización marginada y de estructura ineficiente es el sesgo que está caracterizando su formalización, mientras que paralelamente, y casi a ciegas, el gobierno, por años, se ha empeñado en desarrollar urbanizaciones que no sólo han resultado costosas en su inversión inicial, ya que el criterio ha sido la rapidez en el proyecto y la ejecución de las mismas, sino con un alto costo de inversión en servicios y equipamiento, así como de mantenimiento para las ciudades en las que se han edificado; a la vez, que el resultado final requiere de una inversión familiar imposible de lograr para aquellos que realmente lo necesitan.

Varios aspectos han motivado esto. Primero, que la visión analítica sobre el problema de la vivienda se haya limitado a la tecnología constructiva apropiada y económica, sin considerar que la vivienda extrapola su acción como espacio habitable a las áreas urbanas, lo que la convierte en factor fundamental en pro del desarrollo sustentable de la ciudad bajo el concepto extendido más allá del ambiente natural y que abarca a esta última como ambiente construido (Reef, 1989:60). Sin embargo, es importante mencionar que al menos se está reflexionando sobre el hecho, y aunque se ha establecido en las políticas gubernamentales 1999-2004 un concepto de vivienda mucho más extenso (CONAVI, 1999:1), se tardará un poco en que la comprensión del mismo se refleje en las acciones de realización de vivienda y en los estudios que sobre el tema se efectúan.

### Descriptor:

Zonas residenciales; Tipología de vivienda de bajo costo; Urbanizaciones de vivienda; Maracaibo-Venezuela.

### Descriptors:

Residential areas; Low cost bonded typology; Housing urban planning; Maracaibo-Venezuela.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 17-1, 2001, pp. 51-56.  
Recibido el 29/11/99 - Mención especial Encuentro Vivienda 99

## artículos

Segundo, que cuando se trata de proyectos de expansión de sectores urbanos para alojar la población de bajos recursos económicos, el diseño debe abordarse mediante procesos, que sin descartar la intuición y la estética, racionalicen la selección de los elementos que constituirán el trazado urbano. La razón de esto: la expansión de las ciudades es cada día más costosa y más compleja.

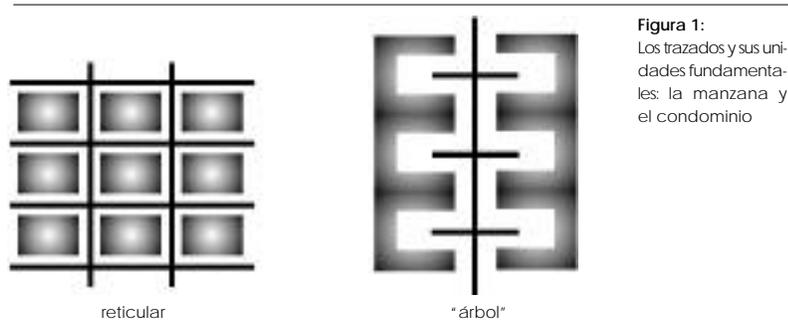
Tercero, el incremento en los costos de urbanización y dotación de servicios en la mayoría de las ciudades venezolanas, implica que se considere la eficiencia como aspecto básico para el diseño urbano-residencial mientras que se atiende la necesidad prioritaria de habitación de la población económicamente desposeída, lo que a la vez redundaría en una ciudad con una estructura funcional y formal más coherente.

Por tanto, ni es el costo constructivo de la edificación, ni la disposición masiva (y hasta arbitraria) de viviendas sobre el terreno, el cual está generalmente sin servicios, lo que debe marcar la pauta para la elección de los elementos que constituirán la traza de una urbanización de bajo costo, como ha sido hasta ahora para la mayoría de los mal llamados desarrollos urbanísticos gubernamentales. Para que el resultado sea organizado y coherente, debe ser producto de un razonamiento y una planificación con vista hacia un funcionamiento del urbanismo como sistema eficiente en cuanto a emplazamiento en relación con el resto de la ciudad; uso de la tierra urbanizable: distribución, mantenimiento y operación de las redes de servicios urbanos; y, forma y concordancia de producción constructiva de las viviendas y el urbanismo en sí; y la operación y plan de inversiones general y de cada familia en particular.

En esta línea de pensamiento se han desarrollado varios trabajos que sin tocar o ahondar, en muchos casos, en todos los aspectos mencionados en el párrafo anterior, han incurrido en el efecto que las decisiones de diseño expresan en los costos de inversión para la ejecución de urbanizaciones residenciales. Entre éstos se pueden mencionar los trabajos de Caminos y Caminos (1977); Caminos y Goether (1984); Bertaud *et al.* (1988); González de Kauffman (1996, 1997, 1998a, 1998b).

En trabajos anteriores, referidos en la última parte del párrafo anterior, se efectuó un análisis comparativo entre dos tipologías de trazados urbanos empleadas en áreas de viviendas de bajo costo en Maracaibo. Se observó el comportamiento de diversas variables y se interpretó, en forma cuantitativa, el funcionamiento de la es-

tructura urbanizada, en términos formales (González de Kauffman, 1996, 1997, 1998a, 1998b:478, 88, 457, 56). Estos trazados son: el reticular (basado en la cuadrícula colonial) y que se ha utilizado en la ciudad de Maracaibo como forma tradicional de expansión y estructura más frecuente para disponer la vivienda de bajo costo; y un modelo constituido por células independientes y organizadas en forma de "árbol", el cual resultó con mayores ventajas que el anterior sometido al proceso de comparación (figura 1).



Con base en la información que generó ese trabajo, se produjo el que aquí se presenta, con la tesis fundamental de que al ser la ciudad un elemento que no es estático sino dinámico, ya que está en continuo cambio, se hace necesario para los planificadores el poder identificar en el funcionamiento y el crecimiento de los proyectos urbanísticos, los efectos de las decisiones de diseño asumidas en las etapas previas a la construcción de tipo residencial; sobre todo cuando se refiere a poblaciones de bajos ingresos.

Dos objetivos fundamentales se plantearon: el primero, el definir *límites de eficiencia*, según las variables: longitudes y costos de las redes de infraestructura y electricidad; costo total de urbanización; costo de urbanización por parcela (inversión familiar en urbanismo); accesibilidad económica del trazado; índice de caudal de aguas blancas; índice de evacuación de aguas negras; índice demanda eléctrica; índice de caudal de gas; y un segundo, consecuencia directa del primero, que es el plantear un instrumento gráfico que, en forma rápida y segura, permita seleccionar la forma del trazado, número de unidades y viviendas adecuadas a un sitio, a la vez que evalúa el efecto que las decisiones producen en los costos de inversión y el funcionamiento y operación del esquema de trazado seleccionado (González de Kauffman, 1999:4).

"Las ciudades se han reconocido como el motor del desarrollo, y su desempeño y productividad deberá aproximarse mediante una eficiente operación" (Acioly & Davidson, 1996:12).

## Metodología y desarrollo

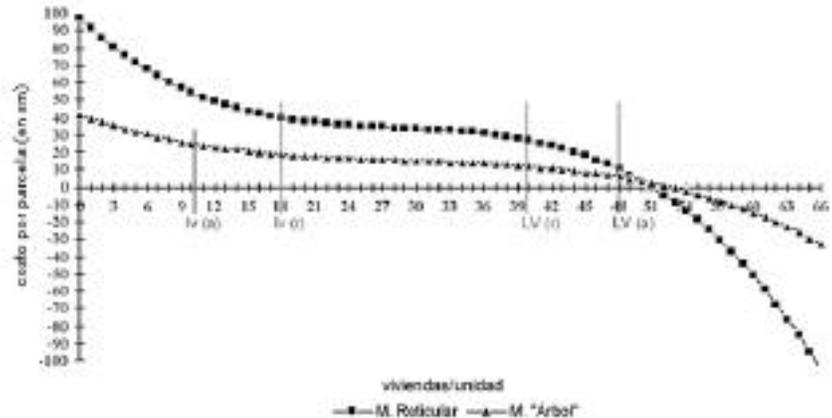
### Primera etapa

Según modelos abstractos referenciales que fueron elaborados, basados en los trazados propuestos para los desarrollos urbanísticos "Ciudad Losada" (Facultad de Arquitectura de La Universidad del Zulia, 1996), *trazado reticular*, y "Nueva Democracia" (Facultad de Arquitectura de La Universidad del Zulia, 1995), *trazado "árbol"*, cuya estructura parcelaria, similar, es de 7,5 x 18 m y dimensiones viales estandarizadas según el Plan Vial de Maracaibo (Comisión Presidencial de transporte de la Alcaldía de Maracaibo, 1994) para áreas residenciales, se obtuvo los *límites de eficiencia* para las variables mencionadas, mediante la aplicación de ecuaciones y conceptos matemáticos específicos para tal fin.

caron a través de la utilización de la experiencia y ecuaciones matemáticas realizadas en forma manual. Una vez verificado el método, se procedió a aplicarlo en otros 718 casos que constituirían la base para el gráfico. Es importante acotar, que estos dos procesos se han realizado, hasta el momento, para las variables relativas a los costos: los generales de urbanización, por parcela y de las redes, lo que ha permitido montar el primer prototipo, con el cual se ha verificado el funcionamiento adecuado del instrumento elaborado. Para las otras variables, que expresan el funcionamiento de desempeño de las redes y el financiamiento, se están estableciendo las ecuaciones.

Figura 2:

Límites de eficiencia en el trazado reticular (curva de costos por parcela) en el caso ejemplo: 12 unidades con número variable de viviendas



lv(r): límite de eficiencia mínimo del trazado reticular, en relación con el número de viviendas  
 LV(r): límite de eficiencia máximo del trazado reticular, en relación con el número de viviendas  
 lv(a): límite de eficiencia mínimo del trazado "árbol", en relación con el número de viviendas  
 LV(a): límite de eficiencia máximo del trazado "árbol", en relación con el número de viviendas

La aplicación de estas ecuaciones se efectuó, inicialmente, sobre curvas estadísticas realizadas para los casos de estudio que se seleccionaron, entre 3.600 modelos que fueron analizados: 12 unidades con número variable de viviendas y número variable de unidades con 20 viviendas, para las dos tipos de trazado: retícula y "árbol" (figura 2). Además, con el análisis de las curvas estadísticas se lograron ecuaciones descriptivas del comportamiento de las variables que permitieron reproducir, para todos los casos posibles de variación de unidades y viviendas, los efectos de esta modificación.

Las ecuaciones descriptivas se obtuvieron mediante el uso del programa MS Excel® y se verifi-

### Segunda etapa

Las ecuaciones descriptivas fueron vaciadas sobre una base diagramada en forma de ejes coordenados bidimensionales, para construir, por caso: retícula o "árbol", dos gráficos que superpuestos permiten identificar y evaluar, en forma comparativa, los efectos de las modificaciones formales del trazado urbano.

Esto se logró mediante la construcción de diagramas estadísticos que reflejan el comportamiento de las variables con modificación del número de viviendas y unidades del trazado (manzanas o condominios) en forma superpuesta, en el programa MS Excel®, para luego ajustar la escala de presentación en el programa AUTO-

## artículos

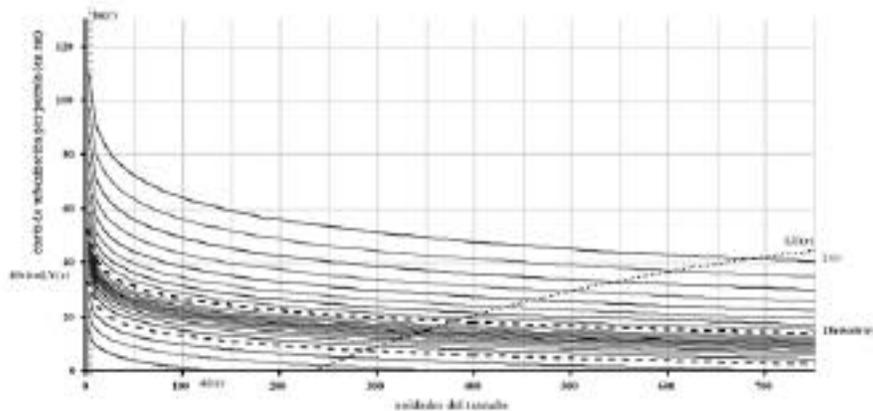
CAD V.14®, a una que permitiera su aplicación práctica de forma ágil y sencilla.

El instrumento prototípico, producido así y que se muestra parcialmente en la figura 3, en una de sus secciones, consta de dos partes, uno para cada tipología de trazado, cada una de las cuales está configurada por cuatro cuadrantes, en los cuales se refleja, por trazado y por número de unidades y de viviendas:

- El costo de urbanización, por parcela: cuadrante xy:
- El costo por parcela, de la red de aguas blancas/gas: cuadrante x/(-y):
- El costo por parcela, de la red de aguas negras: cuadrante (-x)/(-y):
- El costo por parcela, de la red de electricidad: cuadrante (-x)/y:

Este primer prototipo es muy básico y lo que se ha pretendido con él es, más que todo, verificar que puede funcionar y que puede utilizarse en forma rápida. Por ello se está limitando únicamente a cuatro variables. Sin embargo, en este momento se está trabajando en la incorporación de las variables generales, tanto de costos como de comportamiento general de las redes de infraestructura, y la indexación de los costos a las unidades tributarias (UT), ya que éstas reflejan en forma más eficiente la inflación que el salario mínimo (sm), que es en razón del cual se ha realizado el prototipo que se presenta aquí. Así mismo, se pretende resolver el requerimiento de las equivalencias cuando se trate de utilizar parcelas diferentes a la de 7,5 x 18 m.

**Figura 3:**  
Cuadrante XY del  
diagrama prototípico



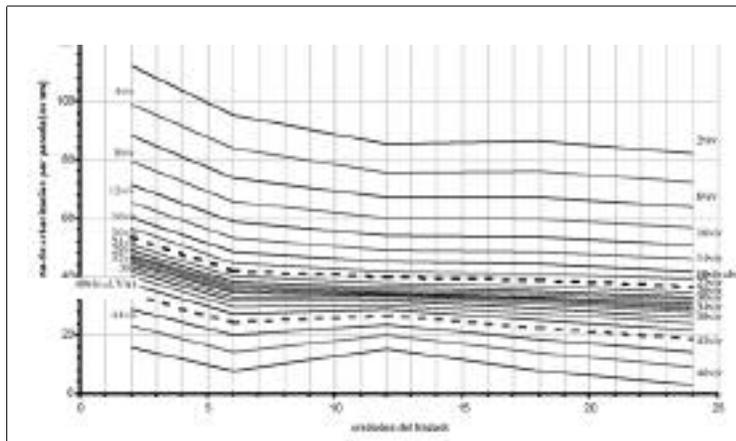
El gráfico prototípico completo abarca desde las 2 hasta las 700 unidades del trazado y en relación con el número de viviendas por unidad, desde las 2 hasta las 42 viviendas, demarcando los límites de eficiencia para ambos casos: variación de unidades y de viviendas.

Como los datos del estudio que ha dado origen a este trabajo y al instrumento gráfico planteado, han sido obtenidos tomando como base unas dimensiones parcelarias fijas de 7,5 x 18 m, es necesario tomar en cuenta que en caso de utilizar otra tipología de parcela se debe realizar una operación matemática para equivaler las dimensiones de la parcela nueva con la original. Identificando la equivalencia entre las parcelas se puede proceder a utilizar el gráfico, cuyo resultado debe ser extrapolado de la misma forma anterior de equivalencia, pero en sentido contrario.

## Conclusiones y recomendaciones

Observación: las conclusiones que se presentan han sido elaboradas, como se explicó antes, únicamente para las variables relacionadas con los costos por parcela.

1. En el caso del trazado reticular, el límite de eficiencia inferior para las variables relacionadas con los costos se ha establecido, teniendo que ser un número par, en las 18 viviendas, ya que es en ese punto donde la pendiente de la curva se aproxima a 45°, que es a partir de donde se marca una relativa estabilización de los costos. El máximo se ha fijado en 40 viviendas, ya que al igual que en la situación anterior, es donde coincide con una pendiente de 45° negativa (figura 4).



**Figura 4:**  
Vista aumentada de la zona entre 2 y 24 unidades del trazado del cuadrante XY de la gráfica, para el trazado reticular

lv(r): límite de eficiencia mínimo del trazado reticular, en relación con el número de viviendas  
 LV(r): límite de eficiencia máximo del trazado reticular, en relación con el número de viviendas  
 Área gris: zona de eficiencia

2. Para el "árbol", el rango entre las pendientes de 45° positiva y negativa se amplía, ya que la curva tiene mayor tendencia a la horizontalidad que en el trazado reticular, lo que define los límites máximo y mínimo en 48 y 10 viviendas por unidad (figura 5). Los valores del número de viviendas son igualmente pares y mayores que 8, dada la requerida configuración simétrica, y en herradura, de la forma condominial que, como unidad, organiza al trazado.

**Figura 5:**  
Forma en herradura de las unidades condominiales y área mínima para su configuración que ocupan 8 viviendas



3. Las conclusiones 1 y 2 implican que a la eficiencia general del "árbol", que es comprobadamente superior al reticular ya que en todos los casos los costos, por parcela y generales, resultan con unos porcentajes disminuidos entre 40% y 80% (González de Kauffman, 1996, 1997, 1998a, 1998b:478, 88, 457, 56), se le adicione la posibilidad de permitir utilizar un rango más amplio de viviendas así como un mayor número de viviendas por unidad, lo que lo hace, como modelo formal, más interesante de aplicar por razones económicas.

4. En el caso de la variación de unidades, los límites máximos divergen de acuerdo con una

disminución polinómica en el sentido de aumento del número de éstas. Esta variación se puede observar en la figura 3, que muestra el cuadrante xy y el límite máximo con el nombre: LU(r).

Es obvio que con el aumento del número de unidades, se disminuye en forma definitiva los costos por parcela del trazado urbano mientras se ocupa más área, dada la "economía de escala". Sin embargo, se han encontrado evidencias de que al disminuir la dimensión de la unidad (y por ende el número de viviendas por cada una de éstas) a la vez que se aumenta el número de unidades, los costos individuales aumentan de forma importante (ver en figura 3 la curva LU(r)).

5. En forma general y en relación con los límites mínimos (lv(r)), las curvas muestran un punto de inflexión importante en las 7 viviendas, para el "árbol" y 8 viviendas, para el reticular, para uno de los casos de estudio. A partir de estos puntos las curvas evidencian una tendencia estable de disminución logarítmica hasta llegar al punto crítico máximo, variable para cada una, como se dijo anteriormente, donde la pendiente de la misma tiende a hacerse 0° y la curva a hacerse horizontal.

6. Aunque estos límites matemáticos aporten razones para la elección de las variables urbanas, la limitante más importante es el presupuesto del cual se dispone para desarrollar la urbanización y el número de familias que han de beneficiarse. En este sentido, el instrumento que se propone es importante ya que puede permitir al diseñador el ubicarse rápidamente dentro del rango de variaciones, de unidades y viviendas, que le permite dicho monto, que es obviamente fijo.

## artículos

7. El instrumento gráfico elaborado, aun en su fase prototípica que aborda solamente los costos por parcela, podrá ser utilizado por todos aquellos profesionales y estudiantes comprometidos en el quehacer de la planificación de áreas urbanísticas, sin requerir de un entrenamiento sofisticado y especial. Esto lo hace ideal como instrumento docente y para la toma de decisiones que deben realizar, de forma rápida, las instituciones públicas que se encargan del conceptualizar urbanizaciones para viviendas de bajo costo.

8. Aunque el estudio en el cual se basa este trabajo se ha realizado con datos existentes en el mercado y costos específicos para la ciudad de Maracaibo, puede servir como elemento referencial, permitiendo que las conclusiones de su interpretación y su uso, a través del instrumento gráfico que plantea, sean extrapolables para otras ciudades del país.

### Bibliografía

ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. 1996. "Density in Urban Development". Lund Centre for Habitat Studies. *Building Issues*. Volume 8. Number 3. 25 pp.

BERTAUD, A.; BERTAUD, M.; WRIGHT, J. O. 1988. Efficiency in Land Use and Infrastructure Design. An Application of the Bertaud Model. Discussion paper. Report INU 17. The World Bank. Policy Planning and Research Staff. Infrastructure and Urban Development Department. 94 pp.

CAMINOS, H. y CAMINOS, C. 1977. "El precio de la dispersión urbana". Facultad de Arquitectura. Universidad de los Andes. Mérida.

CAMINOS, H. y GOETHER, T. 1984. *Elementos de urbanización*. México: Ediciones Gustavo Gili, S.A.

COMISIÓN PRESIDENCIAL DE TRANSPORTE DE LA ALCALDÍA DE MARACAIBO, 1994. "Anexos Plan Vial de Maracaibo". Mimeo, pp. 35-82.

CONSEJO NACIONAL DE LA VIVIENDA (CONAVI), 1994. Normas de Operación de la Ley de Política Habitacional. *Gaceta Oficial* Extraordinaria de la República de Venezuela. N° 4861, 01-03-95. En *Legislación Económica*, tomo 33, n° 387. Enero 1996, pp. 29-38.

CONSEJO NACIONAL DE LA VIVIENDA (CONAVI). 1999. "Borrador del Plan Nacional de Vivienda 1999-2004". Caracas, enero, 12 pp.

ECHEVERRÍA V., Andrés. 1995. "Los asentamientos irregulares en el proceso de urbanización de Maracaibo. La formación de la ciudad precaria". Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia. Maracaibo, mimeo, trabajo de ascenso, diciembre, 127 pp.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina. 1996. "Economic and Quantitative Evaluation of Urban Layouts for Residential Areas of Maracaibo-Venezuela". En *Proceedings of The XXIVth IAHS World Housing Congress*, vol. 2. Ankara, Turkey, May, pp. 477-488.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina. 1997. "Eficiencia dimensional de los elementos del trazado urbano". En *Trabajos y Experiencias-IV Encuentro Nacional de la Vivienda 97*. Maracaibo, octubre, pp. 73-89.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina. 1998a. "Cost and Infrastructural efficiency of planned urban layouts for low income houses in Maracaibo-Venezuela". En *Proceedings 8th International Planning History Conference*. Sidney, Australia, July, pp. 454-458.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina. 1998b. "Costo y desempeño infraestructural del trazado urbano". En *Proceedings URVI 98*. Barquisimeto, octubre.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina. 1999. Protocolo para Proyecto de Investigación CONAVI-LUZ: Elaboración de un instrumento auxiliar para el diseño de trazados urbanos para viviendas de Asistencia I. Casos retícula y "árbol". Maracaibo, mimeo, enero.

REEF W.T. 1989. "Defining Sustainable Development", Research Bulletin, UBC Centre for Human Settlements, Vancouver.

### Agradecimiento

El más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI), por el financiamiento de este trabajo a través del Convenio CONAVI/LUZ, y por la confianza depositada en los investigadores de La Universidad del Zulia. También al CONDES (Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de LUZ) por el financiamiento del proyecto de investigación que dio origen a este trabajo.