

0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1

## RESUMEN

Para generar modelos de dos tipologías de trazados urbanos: el ramificado y el reticular, bajo diferentes formas de crecimiento (lineal, radial, en franjas), se propone un programa diseñado en AutoLISP® para AutoCAD® V-2000. Los modelos generados son tanto gráficos como matemáticos, para cada caso producido bajo dos condiciones de variabilidad, a la vez entradas del programa: el número de viviendas y el de unidades de agrupación. La data matemática es automáticamente almacenada en una hoja de cálculo de MSExcel®, creada a través de una conexión directa establecida desde el AutoCAD® V-2000.

## ABSTRACT

To generate models of branched and reticular urban layouts, under three different forms of growth (linear, radial, strips), a program designed on AutoLISP® for the AutoCAD® V-2000 has been proposed. The generated models are both graphical as well as mathematical, and for each case are produced, considering the two variables assumed as inputs: the number of houses and the number of grouping units. The mathematical data is automatically saved in a MSExcel® spreadsheet created through a direct connection established from the AutoCAD® V-2000.

0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1

# APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN EN CAD PARA LA MODELIZACIÓN DE TRAZADOS URBANOS

Marina González de Kauffman\*

Ede Martínez de Adrianza\*\*

Carlos González Hernández\*\*\*

Instituto de Investigaciones. Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAP-LUZ). Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

\*magonzal@luz.ve

\*\*adri.mar@telcel.net.ve

\*\*\*car\_gonzalez@hotmail.com

## ANTECEDENTES

Las herramientas CAD (Computer Aided Design) han sido elaboradas con el propósito de servir como instrumentos mediáticos para el diseño en general: arquitectónico, urbanístico, ingenieril, mecánico, entre otros. Sin embargo la potencia de este tipo de instrumentos no es utilizada, por la generalidad de quienes los emplean, al máximo de su capacidad ya que únicamente y de forma parcial, la limitan a su condición de medio de expresión gráfica, es decir como dibujadores.

La mayoría de los CAD poseen un lenguaje propio de programación, mediante el cual se construyen y automatizan procesos y cálculos. Por ejemplo, AutoCAD® [AutoDesk, 1999] se puede programar en lenguaje C y Visual Basic pero tiene un

lenguaje específico que es el AutoLISP. En el caso del ArchiCAD, la mayoría de las funciones son accesibles a través de su Interface de Programación (Application Programming Interface-API), que, como kit de desarrollo utiliza el lenguaje C [Graphisoft R&D Software Development Rt., 2001]. El sucesor del MiniCAD<sup>®</sup> [Diehl Graphsoft, 1989 última versión], el VectorWorks<sup>®</sup> trabaja con un kit de programación (script) basado en MiniPascal [Nemetschek, 2001].

La evolución de la modelística urbana, en este momento está avanzando en lo relativo a:

“integración CAD/GIS (Sistemas de Información Geográfica); desarrollo de modelos urbanos interactivos; lenguajes automatizados para la generación de formas en 3D; interfaces interactivas para bases de datos multimedia en CAD/GIS; educación a distancia y diseño colaborativo; evaluación del espacio para interacción social; integración de modelos de simulación con ambientes 3/4d interactivos (estrategias de representación para trabajos interdisciplinarios e interfaces paramétricas para exploración interactiva); técnicas para integración e interactividad de las Dimensiones Temporales en los modelos (historia, crecimiento, políticas, etc.); diseños de proceso/decisión para la representación (diagramación/mapeo de conocimiento)” [CLR Toronto University; 2001].

Dentro de este contexto de desarrollo, se pretendió abordar aspectos relativos a modelos urbanos en procesos de crecimiento (integración e interactividad de las Dimensiones Temporales en los modelos), como medio de generación de información, para poder evaluar condiciones que se producen como efecto de ellos.

Para el año 1996 se realizó una primera experiencia

utilizando la idea de automatizar un CAD para producir versiones de trazados urbanos de dos tipologías que la Facultad de Arquitectura de LUZ había experimentado en dos proyectos realizados por ella, para 1995 y 1996. Estos proyectos son: “Ciudad Lossada” [Facultad de Arquitectura de La Universidad del Zulia, 1996] y “Nueva Democracia” [Facultad de Arquitectura de La Universidad del Zulia, 1995].

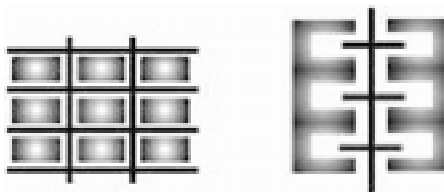


Fig. 01. Esquemas de los trazados y sus unidades fundamentales: la manzana y el condominio.

La ventaja de comparar estas morfologías radicaba y radica en el hecho de que para el Sector I de Ciudad Lossada se empleó la misma tipología de vivienda y parcela que en “Nueva Democracia”, pero organizadas urbanísticamente de manera diferente. En el primero, se utilizó la retícula, basado en la manzana como unidad de agrupación; y, en la segunda, la estructura ramificada, construida por la repetición de una unidad tipo “cluster” que para este caso se denominó “condominio”, por su relación con el concepto de propiedad horizontal [Echeverría et al. 1995]. De allí surgió el interés de: primero, comparar la eficiencia del trazado urbano, bajo el cual se agrupan las parcelas y las viviendas; y, segundo, determinar cuáles son las ventajas que podía ofrecer uno sobre otro bajo condiciones controladas de evolución y crecimiento de la agrupación, en modelos figurativos.

En la primera experiencia mencionada, se programó el AutoCAD® versión 12, en el lenguaje AutoLISP® para comparar el efecto de la modificación del número de viviendas y unidades de agrupación en ambos trazados. Los programas generados fueron construidos de forma independiente (retícula y ramificado) y luego interconectados para funcionar en forma aunada. Sin embargo, se producían algunos errores y la estructura de programación se había constituido fundamentalmente, basada en la expresión gráfica, lo que entolecía el proceso de generación de los modelos [González de Kauffman, Aranda, Suchar de O'Hayon, Marín, 1996].

La segunda versión, que se presenta aquí, ha mejorado la efectividad de los procesos automatizados porque incorpora la lógica y construcción matemática, aunque sin obviar la necesidad de la presentación gráfica, que los programas arrojan como uno de los productos.

De esta forma, se ha pretendido utilizar dos ventajas que los asistentes gráficos para diseño ofrecen, con propósitos de poder evaluar dos tipologías de trazados urbanos: primero, la potencia de programación para poder producir, en serie, elementos de similares características figurativas pero que se modifican de acuerdo a especificidades dadas por alguna condición que se establece como variable; y, segundo, la flexibilidad interconectiva que poseen, en el ambiente Windows [Microsoft] con programas como bases de datos, hojas de cálculos y otros.

#### Justificación

El propósito último del trabajo de investigación, en el cual se inserta el que aquí se muestra, es comparar

las formas de crecimiento urbano: lineal, radial y en franjas; para poder determinar cuál de estos, sometido a las condiciones de variabilidad de número de viviendas y de unidades de agrupación (manzanas y condominios), resulta más ventajoso para utilizarlo como estructura para viviendas de bajo costo. Esto se debe: a que, en primer lugar, se ha identificado que alrededor de un 30% del costo total de la vivienda, está representado por los costos urbanísticos, los cuales, en muchos casos, no son considerados como importantes y como probable condición que pudiera efectivizarse afectando de forma adecuada el valor final de la vivienda.

En segundo lugar, al hecho de que se ha observado que la operación y el funcionamiento de los sistemas de servicio (aguas blancas, negras, gas, electricidad); así como también, las dimensiones relativas a la vialidad, dependen directamente de la morfología y organización urbana.

Estos dos elementos conducen a la necesidad de construir modelos urbanos bajo condiciones controladas de variabilidad, cuyos datos permitan reconstruir las modificaciones de crecimiento mencionadas, para así poder comparar las variables, que se identificaron importantes, para el estudio y que fueron las siguientes: costos de urbanización; inversión familiar en urbanismo; accesibilidad económica del trazado; costos viales; costos generales de las redes de infraestructura; inversión familiar en redes de infraestructura; índices de desempeño infraestructural; densidades inmobiliarias; índices de dominio.

El factor de crecimiento urbano, como punto de inicio de la investigación general, y pauta fundamental para la construcción de los programas que comen-

tan aquí, se hace "dado que, de antemano, se conoce el hecho de que estas urbanizaciones siempre resultan demasiado costosas para sus usuarios, si se considera que la inversión familiar será realizada a través de créditos hipotecarios que implican una deuda exagerada y el riesgo de la pérdida de la vivienda y de la inversión" [González de Kauffman, 2001b:124].

Las formas de crecimiento para los modelos, por su parte, se eligieron por presentar características morfológicas, que los identifican y diferencian, de forma esencial:

El tipo lineal: dispone las unidades de agrupación, sean manzanas o condominios, a lo largo de una vía; pretendiendo reproducir el concepto de la ciudad lineal, que generalmente es espontáneo. "La primera vez que se interpretó el concepto para un plan urbano, fue en 1882 para la ciudad de Madrid, por Arturo Soria y Mata. El producto fue la construcción de un suburbio cuyo ejemplo sirvió de pauta para propuestas utópicas de diversos arquitectos modernos (Chambles, Le Corbusier, F. L. Wright, Miliutin, entre otros). A diferencia de los esquemas compactos, se habla de que es necesario establecerle un límite, dado que su extensión infinita puede crear problemas de acceso y transporte" [González de Kauffman, 2001b:39].

El tipo radial: organiza las unidades de agrupación en forma de espiral, del centro hacia fuera; y, como en el caso anterior, genera "esquemas en los que se presenta un centro predominante, que puede ser un espacio público, una edificación, un elemento simbólico, una zona de alta densidad y de diversas actividades (como en el caso de los contemporáneos), a partir del cual se reproducen vías con la morfología del centro y en forma concéntrica (círculo, cuadrado, rectángulo)" [González

de Kauffman, 2001b:34].

El esquema en franjas, es una organización que se asumió con propósitos prácticos en la primera versión de los programas, y que no está relacionado conceptualmente a ningún hecho real. Se produce disponiendo las unidades de izquierda a derecha, adicionando una unidad a la vez y hasta dos por línea, completando bloques de seis que se reproducen con idéntico ritmo que sus partes constituyentes. El tipo de agregación se eligió al azar, con el único objeto de recrear, hipotéticamente, la evolución progresiva de un conjunto habitacional.

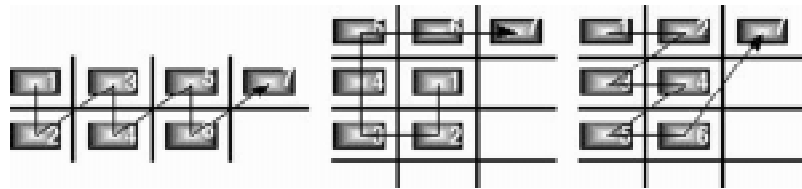


Fig. 02. Esquemas de tipos de crecimiento, en el trazado reticular, con idénticos números de unidades de agrupación y de viviendas por unidad.

Por otro lado, puesto que para este tipo de comparación es importante generar muchos modelos de ambos tipos de trazado, se consideró indispensable su construcción de forma automatizada, mediante la programación de instrumentos, que permitieran, a la vez, la visualización gráfica de cada uno. Por esta razón se analizaron varios programas que a la vez de tener la potencialidad de dibujadores y alta capacidad de expresión, pudieran automatizarse para producir elementos en serie, gráfica y matemáticamente.

Entre todos los analizados se eligió el AutoCAD<sup>®</sup> debido a que es:

- a.- El más difundido en el mercado local y na-

cional.

b.- Se disponía del programa completo

c.- La potencia y facilidad de implementación, tanto de los lenguajes de programación (lenguaje C y AutoLisp<sup>®</sup>), como de la plataforma de edición en la cual se produce (VisualLisp<sup>®</sup>).

### Objetivo

El objetivo específico que se persiguió con este trabajo, fue el de generar de forma automatizada modelos figurativos y matemáticos de trazados urbanos tipo retícula y ramificado, basados en los propuestos para el Sector I de "Ciudad Lossada" y para "Nueva Democracia", respectivamente; bajo tres condiciones de variabilidad: la forma de crecimiento (lineal, radial y en franjas); el número de viviendas; y, el de unidades de agrupación (manzanas y condominios).

### Alcance

Para poder establecer la metodología y el plan de acción para lograr el objetivo propuesto, se definieron unas condiciones que deberían cubrirse, mediante la producción automatizada de los modelos urbanos:

a.- Construcción de un aproximado de 1620 modelos por cada uno de los tipos de forma de crecimiento: lineal, radial y en franjas, lo que totaliza unos 4860.

b.- Captación automática de datos generados para cada modelo, utilizables en hojas de cálculo que sirvieran de base para la construcción y comparación de las variables de estudio: costos

de urbanización; inversión familiar en urbanismo; accesibilidad económica del trazado; costos viales; costos generales de las redes de infraestructura; inversión familiar en redes de infraestructura; índices de desempeño infraestructural; densidades inmobiliarias; índices de dominio.

c.- Fiabilidad de los datos arrojados por los procedimientos empleados para generar los modelos.

### Metodología

El proceso que se llevó a cabo para la generación automatizada de los modelos figurativos y matemáticos de los trazados, se realizó de la siguiente forma:

a.- Se reconsideró la utilización del AutoCAD<sup>®</sup> 2000 como plataforma de trabajo, presuponiendo que pudiera conseguirse otro programa que agilizara la producción, en serie de modelos gráficos y matemáticos de tipologías de organización urbana.

Sin embargo, se retomó el trabajar con el mismo, en virtud de las ventajas que este tipo de plataforma ofrece para el propósito específico de este trabajo.

b.- Se exploró el AutoCAD<sup>®</sup> 2000, identificando algunas opciones que le facilitan al programador la construcción de los programas más depurados; identifican errores de sintaxis; y, le permiten potenciar instrucciones de programación que en la versión 12 (empleada para el

primer programa elaborado) estaban limitadas ya que la plataforma de programación eran editores de texto comunes, ajenos a AutoCAD.

c.- Se evaluaron las condiciones bajo las cuales fueron construidos los programas iniciales (1996), que únicamente producían un tipo de crecimiento, el tipo franjas, para los dos tipos de trazado.

d.- Se construyó la versión modificada del programa original: tomando en consideración los alcances que se habían inicialmente establecido; mejorando los factores que se identificaron en la evaluación, como necesarios de cambiar; y agregando otros, como ventanas (interfaces), para lo cual se utilizaron archivos de código DCL (Dialogue Control Language) que determinan la forma de las cajas de diálogo.

e.- Se construyeron los programas de los otros dos tipos de crecimiento, en términos similares al del tipo franja.

f. Se generaron tablas de datos, resultantes de la cuantificación de la infraestructura para ser accesadas en MSExcel®.

Un aspecto que vale la pena resaltar aquí, es que la evaluación que se realizó de la versión inicial del programa para producir el crecimiento en franjas, concluyó que era necesario agilizar los procedimientos de programación y deslindarlos de los factores figurativos que generaban los modelos gráficos, convirtiéndolos en procedimientos y algoritmos matemáticos más eficientes.

Esto implicó que se reconsiderara la lógica de los

programas que configuraban los modelos en la versión inicial. Es decir, la forma en la cual los programas construían las figuras y recogían la información numérica arrojada como datos, por modelo, para la evaluación de las variables.

En los primeros, se dibujaba el modelo y luego se medían, mediante instrucciones específicas, sus dimensiones, para identificarlo en términos de datos. Para los segundos, se partió del principio de que los datos se produjeran matemáticamente y se dibujara el elemento con el cual estaba relacionado, también basado en esta lógica.

La modificación de la lógica de construcción de los modelos, dentro de los programas, permitió, adicionalmente, que los datos obtenidos y generados matemáticamente, fueran datos fiables, ya que en la primera versión, el hecho de se midieran elementos figurativos (líneas, polilíneas y otros), produjo errores, como la alteración dimensional debido a las dobles mediciones.

Otro aspecto que resultó necesario modificar, después de la evaluación de la primera versión, fue la forma en la cual se producían la serie de modelos para cada tipología de crecimiento.

Originalmente, se producían los modelos a través de la solicitud al usuario (forma manual) del número de viviendas y número de unidades, lo que de forma necesaria ataba la construcción de los modelos a una presencia constante del usuario frente a la computadora y hacía bastante lento el proceso de construcción de datos. En el programa actual, los 1620 modelos, correspondientes a cada uno de los tipos de crecimiento urbano y para ambos tipos de trazado,

Fig. 03. Ejemplo de los Modelos Generados



se producen en serie mediante instrucciones dadas desde la plataforma de edición del VisualLisp® (ambiente donde se realizó el programa, depuró y ejecutó). Cada vez que se llama la instrucción para la ejecución de los modelos gráficos por crecimiento, el programa, automáticamente, almacena en una hoja de cálculo de MSEXcel® los datos correspondientes al mismo y produce el siguiente modelo. Sin embargo, la forma manual también está permitida.

La construcción de los 1620 modelos por crecimiento tomaba, con el programa anterior, varios días y hasta más de un mes. Actualmente, se realiza en un período de, aproximadamente, 5 horas, esto si se producen los modelos gráfica y matemáticamente. Si se generan únicamente en forma matemática, es cuestión de minutos (aproximadamente 2 minutos).

Funcionamiento del Programa

El programa únicamente requiere como entradas: el número de viviendas, de unidades de agrupación y ancho de las vías. Con esto opera todas las funciones programadas, calculando los datos que definen el modelo matemático y los parámetros gráficos para generar el modelo figurativo.

La forma en que opera el programa se explicita en la ilustración subsiguiente:

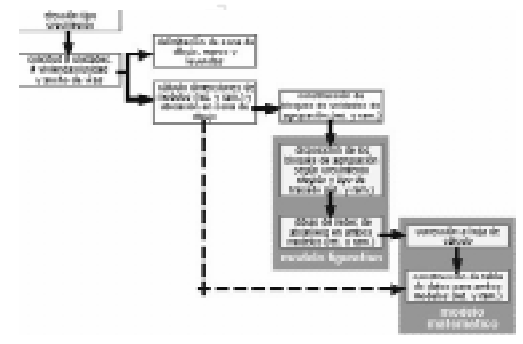


Fig. 04. Esquema de funcionamiento del programa

Resultados

La consecución del objetivo establecido, ha permitido el disponer de instrumentos confiables y rápidos que construyen modelos urbanísticos bajo las pautas de diseño establecidas para los trazados urbanos de "Ciudad Lossada" y "Nueva Democracia", mientras modifica la forma en que las unidades de los modelos (manzanas y condominios), son agregados para recrear un "urbanismo progresivo".

Aunque conceptualmente funcionan de manera similar, como anteriormente se explicara, se realizaron programas específicos e independientes para construir, de manera automatizada y en pocos minutos, los modelos bajo condiciones de crecimiento: lineal, radial y en franjas. Cada uno de estos programas está constituido bajo una lógica matemática similar, pero tiene sus especificidades determinadas por la propia forma de crecimiento que lo origina.

La fiabilidad de los resultados, matemáticos y gráficos, que arrojan estos programas, han sido verificados mediante la recreación, en forma manual, de los procesos que conforman a cada uno.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo ha permitido comprobar que el aprovechamiento de las potencialidades de un asistente CAD, desde el punto de vista de la programación, puede permitir: generar modelos gráficos de forma automatizada y en serie, que tienen la ventaja de demostrar figurativamente, las condiciones que matemáticamente los describen; y, a la par, resolver cálculos matemáticos complejos, que aportan datos relacionados a esas figuras, sin que, necesariamente dependan de ellas para ser calculados.

Es importante explorar y profundizar aún más las potencialidades del AutoCAD<sup>®</sup>, con el propósito de poder extender la acción de los programas presentados, para lograr relacionar y evaluar los datos originados de todos los modelos producidos; lo cual constituiría la base para generar tablas estadísticas para la evaluación y toma de decisiones sobre los problemas reales de la urbanización local. Esta fase actualmente se realiza utilizando el programa MSEXcel<sup>®</sup>.

## REFERENCIAS

ECHEVERRÍA, A. / LA ROCHE, P. / GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, M. *El Condominio como Espacio para la Participación Comunitaria: Caso Nueva Democracia*. En Urbana. 16-17, Editada por Universidad Central de Venezuela y Universidad del Zulia. Caracas, Venezuela. pp. 107-117.

Facultad de Arquitectura, Universidad del Zulia. *Proyecto "Nueva Democracia"*. Maracaibo, Universidad del Zulia; Proyecto de Arquitectura. 1995.

Facultad de Arquitectura, Universidad del Zulia. *Proyecto "Ciudad Lössada"*. Maracaibo, Universidad del Zulia; Proyecto de Arquitectura. 1996.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, Marina *Evaluación de la eficiencia morfo-dimensional de trazados urbanos para Maracaibo. CASOS: retícula y "árbol"*. Maracaibo, Universidad del Zulia; Facultad de Arquitectura y Diseño, Mimeo, 2001. 202 páginas.

GONZÁLEZ DE KAUFFMAN, M.; ARANDA, S.; SUCHAR DE O'HAYON, Z.; MARIN, M. *Programa en Autolisp para producir modelos abstractos de Ciudad Lössada y Nueva Democracia*. 1996. Maracaibo, mimeo. 14 páginas.

## PÁGINAS WEB

Autodesk: <http://www.Autodesk.com>

CLR, Toronto University: <http://www.clr.toronto.edu:1080/research.html#interface>

Graphisoft R&D Software Development Rt.: <http://www.algonet.se/~ludesign/MCIndex.html>

Charles Seiter. *VectorWorks 9. Leading Mac CAD Program Finds Ways to Improve*. En Mac World. Septiembre, 2001. <http://www.macworld.com/2001/09/reviews/vectorworks.html>