

The shape of buildings determines the relationships between the contained spaces with the contained activities. As shapes are represented by their perimeter, the form and the length of building perimeters is of particular interest to architectural design.

This paper presents a short computer program oriented to the exploration of modular floor plans related to their perimeter. The characteristics of a class of orthogonal configurations called polyminoes has been taken as a basis for the programming work.

Polyminoes are briefly presented in the first part of the paper as well as some data concerning their geometrical structure. The operation of the computer program illustrated by some working examples, is described in the last part of the paper.

The results obtained can be used for comparison between alternative shapes. Additional information about these modular shapes is given together with every particular form so as to ease the evaluation task. In these terms the program must be seen as a tool of assesment rather than as a designing procedure.

Exploración de alternativas formales de plantas de edificios ortogonales aplicando sistemas gráficos

Arq. Leonardo Combes

Profesor Titular de Arquitectura.
Director del Laboratorio de Sistemas de Diseño
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional de Tucumán. Argentina
labsist@herrera.unt.edu.ar.

Arq. Keiko E. Saito

Laboratorio de Sistemas de Diseño
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional de Tucumán. Argentina
labsist@herrera.unt.edu.ar.

El perímetro de los edificios determina algunos de sus atributos formales y, a través de ellos, establece vínculos funcionales entre el contenedor y las actividades contenidas.

Este trabajo tiene la finalidad de presentar un sencillo programa de computación que facilita la exploración de alternativas formales de plantas de edificios ortogonales relacionadas a su perímetro. Los conceptos básicos han sido derivados del estudio del perímetro de los políominos, clase de objetos geométricos aptos para la representación precisa de formas planas ortogonales.

Ellos son presentados brevemente en la introducción de este trabajo, acompañados por una reseña de aquellas características que son apropiadas para la medición y comparación de perímetros ortogonales. Se describe luego la operación del programa y se la ilustra con ejemplos de aplicación.

Los resultados obtenidos deben ser entendidos más bien como instrumento de evaluación y como apoyo del diseño propiamente dicho.

Introducción

Existen ciertos temas del diseño arquitectónico que requieren formas modulares. Las actividades cuyas características llevan a una programación más o menos estricta de espacios, equipamientos y secuencias de uso, (fábricas, hospitales, oficinas) así como las que necesitan de espacios repetitivos (escuelas), conducen a la determinación de un módulo o a la coordinación de módulos diferentes. Por otra parte, la estandarización creciente de los componentes de la construcción unida al intenso intercambio internacional sugiere que en un plazo no muy largo, el diseño de edificios comunes dependerá de modulaciones determinadas de antemano. El estudio de sistemas de coordinación modular que puedan ser procesados por computadoras es pues, de mucha actualidad.

Existen diversas maneras de abordar la producción de formas modulares. El más usual es el de trazar tramas o grillas correspondientes al módulo requerido. Toda figura que respeta el recorrido de los nodos de la trama queda automáticamente modulada. Pero una vez trazada una figura la ayuda de la trama se detiene allí. Puede determinarse el área de la forma contando los módulos encerrados por ella y también calcular el perímetro realizando el conteo de los segmentos de módulo que ofician de contorno. No obstante, estas dos cifras no manifiestan una relación precisa con la proporción de la figura, la sencillez o tortuosidad del contorno o la distribución de los módulos sobre el plano. Agreguemos algo más. Cuando el módulo básico no ha sido determinado o cuando se dispone de una forma dada que requiere ser modulada, el proceso de conformación ya no es de trazado directo sino de exploración de posibilidades. Para ser útil, la exploración debe ser guiada por un sistema formal de referencia que permita la relación y evaluación de factores cualitativos (proporción, densidad modular) conjuntamente con factores cuantitativos (extensión del perímetro, área ocupada). Esto es lo que procura realizar el programa de computación que se presenta en este artículo.

En el caso que se discute aquí, el sistema formal de referencia lo constituye una clase de configuraciones geométricas llamadas poliominos, de las cuales se hará una breve presentación así como de los datos numéricos que son útiles para la relación y evaluación de las formas bajo estudio. Se trata de configuraciones planas ortogonales, sin embargo, es factible extender el principio a cualquier forma construida por módulos que sean figuras regulares cuya adyacencia no deje intersticios. El sistema propuesto se limita a la exploración de formas a ángulo recto.

Características de los poliominos

La palabra **poliominino** así como el concepto han sido derivadas del juego del dominó que utiliza piezas compuestas de dos elementos cuadrados (1). Poliominino significa varios elementos cuadrados con las que se pueden componer variadas formas planas ortogonales. Dado un número n de elementos cuadrados, es posible construir una cantidad finita de formas respetando solamente la regla que cada elemento comparta al menos uno de sus lados con otro elemento del conjunto. Esto asegura la continuidad de la forma. De este modo se dispone de una clase de formas factible de ser estudiada sistemáticamente con la ventaja de representar prácticamente cualquier forma ortogonal. En efecto, dependiendo de la adecuación del módulo elegido, la correspondencia entre una figura construida a partir de ángulos rectos y su representación poliominica puede ser perfecta o razonablemente cercana. Una figura «poliominizada» es, de hecho, modular. Es por ello que, al disponer de un conjunto de reglas que conducen a la generación de formas modulares el uso de poliominos resulta apropiado para la implementación de un programa computacional.

No es el lugar aquí para desarrollar los aspectos matemáticos del tema, remitiendo al interesado a un artículo donde se los expone con algo de detalle (2). Nos limitamos a listar algunos de esos aspectos. Dada la cantidad de elementos n de poliominino es posible:

Determinar el número de grillas y sus dimensiones $i \times j$ que contienen todas las formas

factibles de realizar distribuyendo n elementos cuadrados en el plano (respetando la regla de adyacencia enunciada).

La proporción de cada grilla permite determinar el mínimo y máximo perímetro que las formas poliomínicas contenidas por la grilla pueden alcanzar.

Para cada n existe un mínimo y máximo perímetro absoluto, esto es, pueden determinarse las grillas que permiten distribuciones de elementos cuya traza exterior se extienda o se restrinja lo más posible.

Podrían agregarse otros datos interesantes, sin embargo, nos reducimos solo a los referidos al perímetro ya que toda figura es representada por su contorno. Modulando el contorno el espacio contenido queda también modulado. Esto es lo que hace el programa que describimos a continuación.

Produciendo formas rectangulares moduladas

Se trata de un sencillo sistema computacional que hemos bautizado "poliominizador" porque dada una figura ortogonal cualquiera, procede a acomodar cada uno de los segmentos que conforman el contorno al módulo que se le indique tratando de respetar, en lo posible, las proporciones originales. Dado que la cantidad de módulos encerrada por la figura determinada el número n característico del poliomino así construido, es posible efectuar el cálculo de los parámetros antes descritos. Se relacionan de esta manera área con perímetro, teniendo en cuenta la proporción general de la forma y la tortuosidad del contorno. He aquí el procedimiento:

Se comienza siguiendo el contorno de la figura dada (o creándola) picando cada vértice. Con ello se informa al programa la forma y sus dimensiones.

Se indica el módulo. Para ello caben dos opciones: dando una dimensión o pidiendo que se proceda a modular utilizando la dimensión más pequeña presente en el contorno.

El programa dibuja el nuevo contorno modulado de acuerdo a la dimensión requerida. La figura resultante va acompañada de una grilla, como muestra la Figura 1. Esta operación puede ser repetida cuantas veces se lo desee cambiando el módulo. Cada nuevo ejemplo es trazado al lado del otro.

Puede cambiarse la escala de la figura (por ejemplo si se trata de una imagen básica scaneada), siguiendo el trazado del contorno de esa figura original, indicando luego las nuevas dimensiones en horizontal y vertical. A continuación el programa reproduce la figura con las correspondientes nuevas dimensiones.

Pueden indicarse alternativas de vértices para el inicio de la operación. Cuando existen muy marcadas diferencias entre los lados de un polígono el cambio de vértice de inicio puede producir resultados algo diferentes, permitiendo así optar por el contorno más apropiado.

Al pie de cada caso se consignan los siguientes datos (ver Figura 1):

- la cantidad n de elementos;
- la dimensión del módulo usado;
- área total, extensión del perímetro;
- el mínimo perímetro que es posible realizar con ese número de elementos y dadas esas proporciones;
- mínimo perímetro absoluto correspondiente a ese poliomino n .

Para un control exacto de ajuste de la forma, puede superponerse a la figura original alternativamente, cada uno de los contornos producidos

Cada alternativa es dibujada en un color diferente así como el círculo que, en el contorno inicial, indica el vértice de inicio.

Los algoritmos utilizados permiten la adaptación a los lenguajes computacionales más corrientes. Para los casos ilustrados aquí se ha usado el AUTOCAD como sistema gráfico de soporte. El programa escrito en AUTLISP corre en versiones de AUTOCADR12 en adelante.

Ejemplo de aplicación usando plantas de bibliotecas

Los edificios de bibliotecas son interesantes para estudiar sistemas de modulación y sus resultados sobre el perímetro. Los espacios principales de las bibliotecas tienen entre ellos algo contradictorio: las salas de lectura requieren generalmente buena iluminación natural (perímetro extenso) al mismo tiempo que las áreas de depósito suelen ser compactas y cerradas (perímetro reducido).

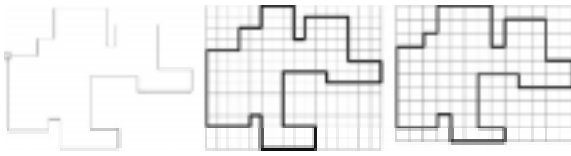


Fig. 1a

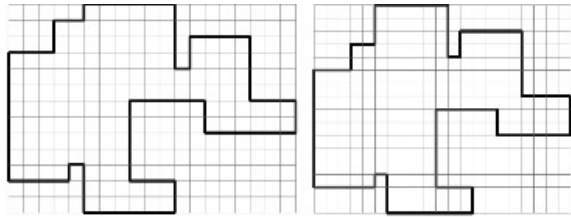


Fig. 1b

Los ejemplos presentados a modo de ilustración son parte de una serie bastante extensa bajo estudio en el Laboratorio de Sistemas de Diseño (FAU UNT.) En las FIGURAS 2,3,4, puede observarse, en el ángulo superior izquierdo de cada figura, la planta scaneada de un caso de biblioteca. Al lado, a la derecha, se muestra el contorno original resultante del picado de cada vértice del polígono ortogonal. El pequeño círculo indica el vértice de inicio a partir del cual se efectúa el acomodamiento de los segmentos. Debajo de cada planta scaneada y su contorno, pueden observarse dos ejemplos producidos con módulos diferentes. En estas ilustraciones, por razones de espacio, se han suprimidos los datos que acompañan cada uno de los casos. Si se inspeccionan las figuras con algo de atención podrá notarse cómo las proporciones generales son respetadas, acomodando salientes y entrantes a las

posibilidades del módulo dado. Cuando el módulo es el adecuado el resultado se ajusta exactamente al original. Sin embargo el interés del uso del programa estriba en la posibilidad de explorar alternativas las que, no obstante generar formas diferentes se adaptan a las necesidades del partido arquitectónico propuesto. Los datos suplementarios constituyen una guía para el diseñador proveyéndole información sobre la mutua influencia del área sobre el perímetro y las variaciones de proporción.



Fig. 2. Biblioteca Municipal de la ciudad de Koto. (Japón).



Fig.3. Biblioteca Central de la ciudad de Shigaki. (Japón).

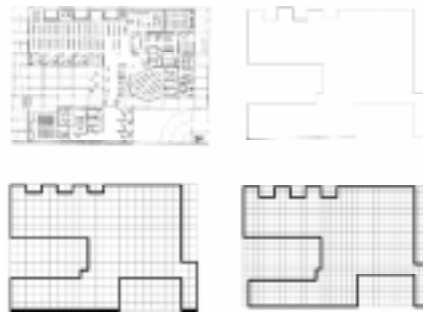


Fig. 4. Biblioteca Municipal de la ciudad de Kanda. (Japón)

Conclusiones

Por lo expuesto en el cuerpo de este artículo, la tendencia general del diseño ayudado por computadora lleva a brindar especial atención a la modularidad de las formas procesadas. Asimismo la creciente racionalización de los intercambios de los espacios interiores de los edificios con el ambiente exterior, coloca al perímetro en un rol protagónico. En ese sentido la exploración de alternativas controladas a partir de datos precisos y relacionados entre ellos provee una ayuda efectiva al diseñador. Las capacidades del sencillo sistema que se ha presentado pueden ser extendidas incluyendo la operación con módulos de formas diferentes (por ejemplo rectangulares, triangulares, hexagonales, etc.) Podría enriquecerse también produciendo la coordinación modular entre dimensiones básicas diferentes como un instrumento de exploración antes que como herramienta de diseño directo.

Referencias

- (1) **S. W. Golomb:** "Polyominoes" – (Edit. G. Allen y Unwin) - 1965
- (2) **L. Combes:** "Using the perimeter of polyominoes as assesment parameter of building envelopes". (A ser publicado en "Proceedings of the second International Conference of Mathematics and Design". San Sebastián – España – 1998.