

HACIA UN CONTROL GEOMETRICO DE LA FORMA:
CONSTRUCCION AUTOMATIZADA DE TRAMAS ORIENTADAS A LA CREACION
DE ESPACIOS ARQUITECTONICOS

Por **GONZALO VELEZ JAHN**

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Desde los tiempos más remotos el hombre ha enfrentado y resuelto con efectividad variable, problemas relacionados con el diseño y construcción de edificaciones destinadas a albergar las distintas actividades por él realizadas.

Para lograr sus propósitos ha dependido entre otras cosas de un manejo intuitivo de la Geometría, condicionándolo casi diríamos, por ensayo y error hasta obtener el resultado final de sus esfuerzos.

Durante los primeros tiempos, las edificaciones requeridas, limitadas por el desarrollo técnico y las necesidades de la época, permitieron la evolución de soluciones a problemas sencillos en pos de la expresión de ese "algo más" siempre yacente en el alma del hombre. Así de la lógica y pura estética Griega, derivó posteriormente hacia la manifestación de exaltados sentimientos religiosos que lo condujeron a la construcción de admirables sinfonías espaciales proyectadas hacia la eternidad.

Posteriormente, con el advenimiento de la primera revolución industrial y la conciencia de una existencia perentoria basada en la preservación de la salud y por ende con el vertiginoso crecimiento de una población orientada hacia la polarización de grandes núcleos urbanos, los problemas del hombre aumentaron progresivamente en magnitud y variedad y el Arquitecto debió realizar una penosa mutación, sacrificando en muchos casos su capacidad estética y creativa para resolver problemas invariablemente relacionados con agudas limitaciones económicas, de forma que en el orden jerárquico de prioridades la resolución de aspectos técnicos y funcionales fue aumentando en complejidad y limitando necesariamente el tiempo destinado a la búsqueda de la armonía y la belleza de la forma eterna.

En la actualidad, esas mismas presiones han traído como consecuencia la creación de nuevas especialidades en las cuales predominan cada vez más el raciocinio sobre la intuición pura y el Arquitecto en los países más desarrollados ha visto disminuir su área de influencia e inclusive ha comenzado, preocupado, a revisar las bases sobre las que descansa actualmente la profesión.

Se viene perfilando cada vez más nítidamente que si el Arquitecto ha de sobrevivir como tal, es muy probable que sólo pueda lograrlo a través de una estrecha integración de su ejercicio profesional con los recursos tecnológicos que caracterizan la época, adaptándolos a la resolución de sus necesidades.

Entre los recursos mencionados destacan fundamentalmente aquellos relacionados con los computadores u ordenadores electrónicos.

El computador, visualizado en su contexto más general, es un instrumento que, manejando abstracciones a increíble velocidad, se constituye para el arquitecto en un medio para profundizar y coordinar la búsqueda de soluciones mientras por otro lado, presenta también facetas mas conocidas pero de innegable interés relacionadas con el almacenamiento y manejo de información técnica y suministra, finalmente, una manera de minimizar el tiempo que debe destinarse a la realización de actividades rutinarias, aumentando por consiguiente el tiempo destinado a la búsqueda creativa.

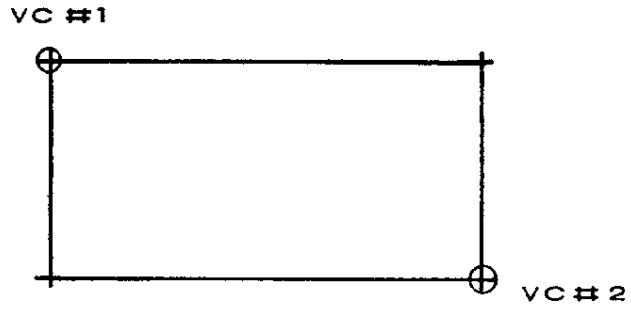
Es en relación con esta última parte, que actualmente se realizan actividades de investigación en el mundo entero y hacia la cual se ha enfocado la contribución presentada en estas páginas.

El siguiente trabajo plantea la creación de procedimientos que permitan la construcción geométrica automatizada de esquemas destinados a alojar soluciones funcionales a problemas arquitectónicos.

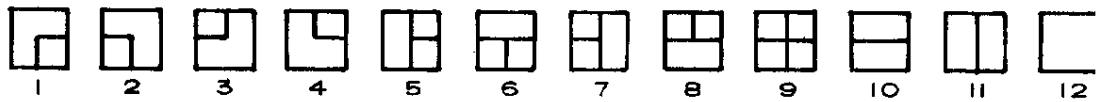
1. LOS COMPONENTES GEOMETRICOS BASICOS DE UNA FORMA RECTANGULAR

Todo perímetro rectangular cerrado puede ser descompuesto en una serie de módulos básicos limitados, a la manera de un rompecabezas. La configuración geométrica considerada será para efectos de este estudio, denominada como "Trama".

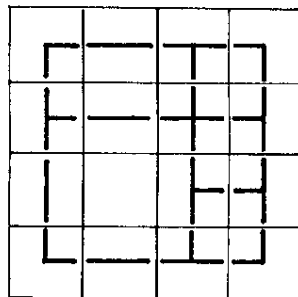
De forma inversa, es posible, con un adecuado establecimiento de "reglas de juego", combinar estos módulos según variadas proporciones y en



VERTICES CLAVE



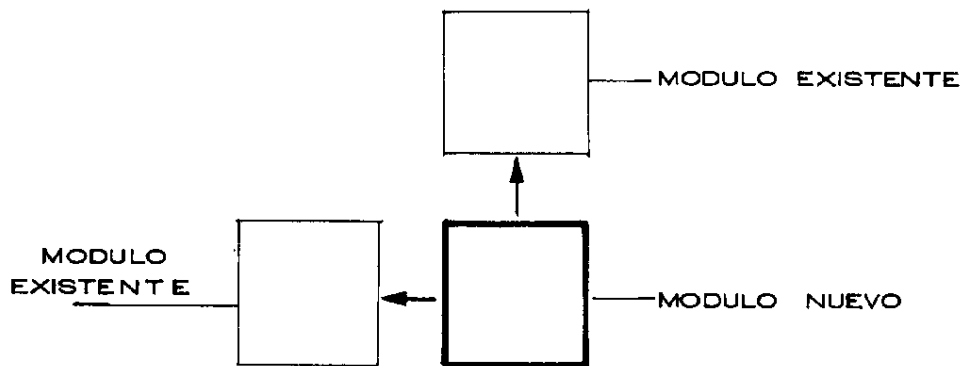
LOS DOCE MODULOS BASICOS



MATRIZ GEOMETRICA

1	10	6	2
5	10	9	7
11	12	5	7
4	10	8	3

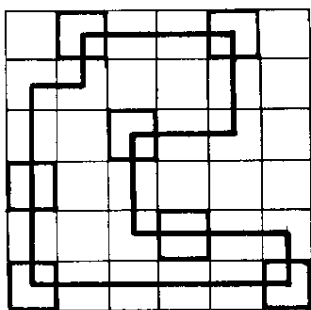
MATRIZ ALGEBRAICA



PRUEBA DE COMPATIBILIDAD

base a diversas frecuencias de incidencia para obtener cualquier forma que quiera producirse.

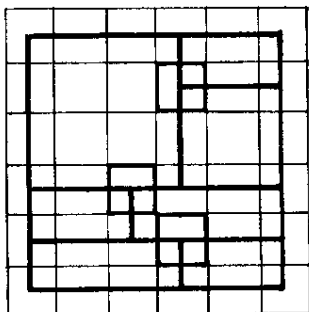
Complementariamente, existen otra serie de módulos geométricos que permitan la creación de cualquier tipo de divisiones internas, por variadas que ellas sean (asumiendo que las subdivisiones internas generan sólo rectángulos).



EJEMPLO



MODULOS BASICOS PERIMETRALES



EJEMPLO



MODULOS BASICOS INTERNOS



MODULOS -VERTICE



EXTENSIONES



MODULOS QUE GENERAN ESPACIOS



MODULOS QUE NO GENERAN ESPACIOS

Los componentes mencionados constituyen la base para la configuración de *cualquier figura rectangular*. Como podemos observar, hay algunos que constituyen vértices de rectángulos y otros que simplemente actúan a manera de extensiones de la forma básica.

Los primeros afectan los aspectos topológicos de la forma, los segundos, tan sólo los aspectos dimensionales.

Por otra parte, los módulos pueden calificarse según su capacidad de generar o no el vértice inicial de un rectángulo.

Para efectos de la identificación matemática de un rectángulo lo supondremos definido por dos de sus vértices, los cuales llamaremos vértices "clave". Estos vértices "clave" los identificaremos indistintamente como vértice clave 1, y vértice clave 2 ó vértice inicial, y vértice final.

2. LA CONSTRUCCION DE UNA FORMA RECTANGULAR A PARTIR DE PROCEDIMIENTOS ESTOCASTICOS, CON EL AUXILIO DEL COMPUTADOR.

Teniendo en consideración los principios anteriormente planteados, podemos lograr la codificación numérica de una forma rectangular siguiendo el procedimiento que describiremos a continuación:

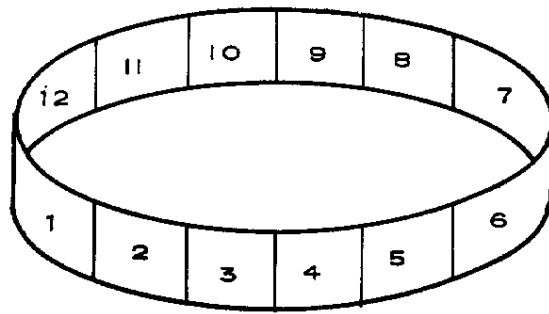
- a) Se asigna a cada módulo básico un número determinado.
- b) Se crea una matriz en la cual se va a alojar un cierto número de módulos con el propósito de generar una forma.
- c) Se indica en la matriz el número que identifica cada módulo planteado.

Se observa que existen, para formas coherentes, ciertas "reglas de juego", antes mencionadas, que permiten o impiden la unión de dichos módulos entre sí. Esta unión debe ser factible para algún módulo en relación con los anteriores de forma tal que siempre se cumpla la continuidad de la trama.

A partir de este criterio podemos crear reglas de juego expresadas en forma de matrices que permitan decir si una relación es o no aceptable.

Esto permitirá a su vez la posibilidad de construir nuevas formas, totalmente impredecibles por el simple proceso descrito a continuación:

- a) Mediante un procedimiento de generación de números aleatorios se llena una matriz con números que representan cada uno, uno de los módulos básicos existentes. Esto significa, puesto que los números han sido colocados sin un orden determinado, una serie de fragmentos sir



CONCEPTO DE MODULOS EN DISPOSICION ANULAR

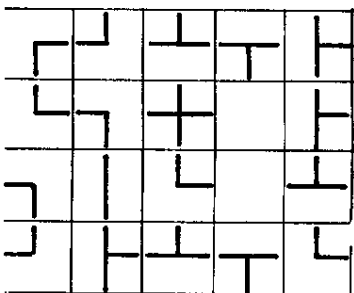
1	3	8	6	5
4	2	9	12	5
2	11	4	12	8
3	5	8	6	4

TRANSF. →

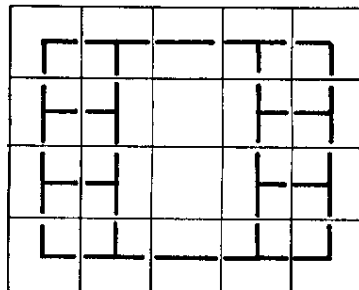
1	6	10	6	2
5	7	12	5	7
5	7	12	5	7
4	8	10	8	3

MATRIZ DE MODULOS
GENERADOS AL AZAR

MATRIZ DE MODULOS ORDENADOS
SEGUN COMPATIBILIDAD



TRANSF. →



INTERPRETACION GEOMETRICA DE LA TRANSFORMACION

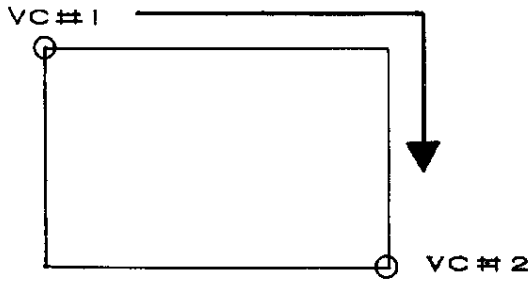
una coherencia de trama, dado que muchos de ellos no serán compatibles de acuerdo a las reglas de juego establecidas.

- b) A continuación se ordena la matriz mencionada de forma tal que cada uno de los módulos que contiene sea compatible con los vecinos; esto se logra examinando módulo por módulo y en base a una matriz de compatibilidades que indica cuales módulos son compatibles, con relación a sus vecinos anterior y superior. Si el módulo no tiene una compatibilidad satisfactoria se lo reemplaza por el próximo módulo en la lista de módulos básicos que para efectos de su utilización puede ser considerada como una cinta sin fin.
- c) A medida que se van estableciendo las compatibilidades en la matriz, se va también controlando el número de espacios producidos de manera que el resultado final contenga el número de espacios estipulados; esto se logra mediante la incorporación de ciertos mecanismos heurísticos basados en el control del número de vértices iniciales generados durante la organización de la matriz.
- d) Habiéndose obtenido por el procedimiento de ordenación una trama coherente, falta aún por identificarla ya que hasta estos momentos sólo existe en términos de códigos.

Hay por tanto, que “descifrar” esos códigos y convertirlos en coordenadas que sirvan para la cuantificación y representación gráfica de dicho resultado. Para esto se lleva a cabo un procedimiento exploratorio que identifica los vértices clave de cada rectángulo, lo cual es relativamente fácil puesto que se conoce cuales son los módulos básicos que generan nuevos rectángulos y cuales los que generan el segundo vértice clave requerido para la identificación del rectángulo.

Es interesante apuntar que en ningún momento se han introducido al computador símbolos gráficos sino más bien “actitudes” que identifican el comportamiento de un módulo, *que sólo existe en nuestra mente*, con relación a los demás. El dominio de estas actitudes representa una llave fascinante de acceso al control de la forma geométrica. Dependiendo de las reglas de juego que establezcamos podremos orientar la búsqueda de soluciones geométricas.

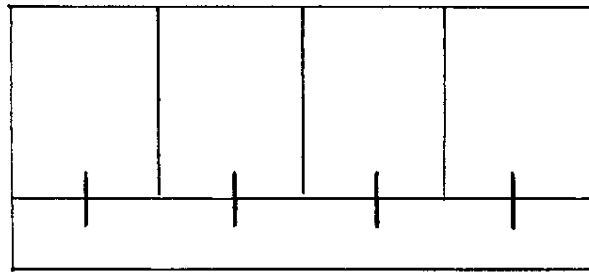
Otro aspecto también íntimamente relacionado con la construcción geométrica de una forma es la incidencia con que cada módulo participa en dicha construcción. De hecho podemos, mediante condiciones tales como “el módulo 10 no podrá aparecer más de 8 veces en la matriz”, controlar la configuración geométrica de la trama producida.



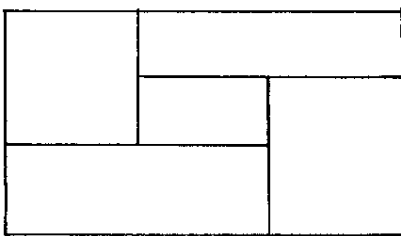
DENTIFICACION DE VERTICES



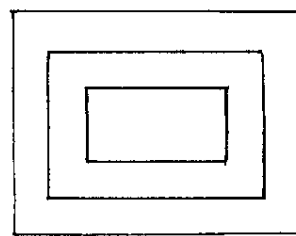
MOVIMIENTO EXPLORATORIO



UNIDAD TIPICA DE HOSPITALIZACION



CONFIGURACION 1



CONFIGURACION 2

Finalmente, conviene observar que los esquemas geométricos producidos *no obedecen a ningún criterio de dimensionamiento o proporción* siendo su fin únicamente la creación de una estructura funcional satisfactoria.

3. IDENTIFICACION DE PATRONES GEOMETRICOS CARACTERISTICOS DE LOS PROBLEMAS ARQUITECTONICOS BASICOS

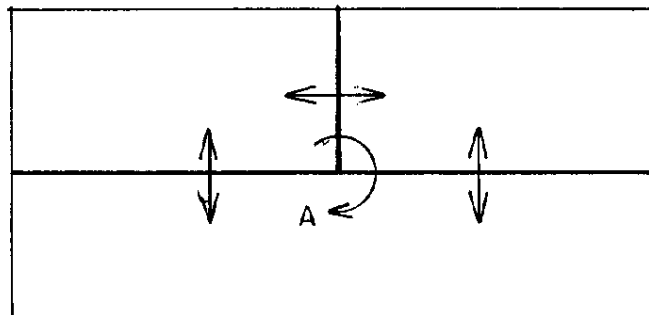
Es posible que la eficiencia del mecanismo generador de tramas pueda ser grandemente incrementada, si se logra descubrir cuales son los patrones geométricos peculiares a un problema básico de arquitectura. (Por problema básico entenderemos aquel que trata de resolver un tipo de edificación de terminada (viviendas, escuelas, cárceles, hospitales, iglesias)).

De esta manera pudiera crearse un mecanismo optimizante que inicie la identificación de tales características y una vez en posesión de ellas defina familias de soluciones al problema planteado minimizando así el número inútil de tanteos requerido normalmente para obtener las soluciones buscadas. Un ejemplo de patrón típico en el caso de un hospital sería la relación cuarto de hospitalización-corredor que sería incompatible con ciertas configuraciones (ver gráfico).

Es indudable que se trata de una investigación compleja, donde habría que desentrañar las ocultas interacciones establecidas por los requisitos funcionales, pero su dominio proporcionaría al Arquitecto una herramienta de incalculable valor analítico.

4. CRITERIO DE ANILLOS

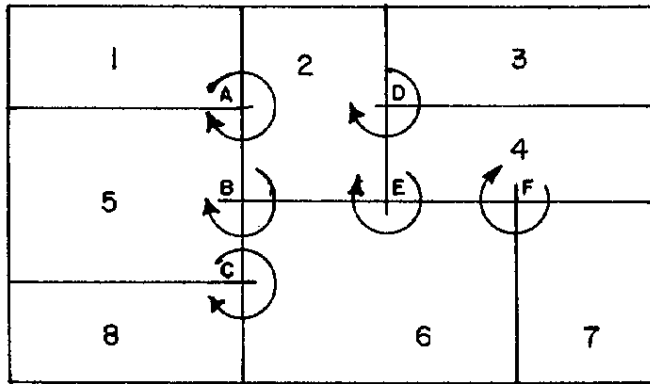
En una forma geométrica constituida por rectángulos se presenta la mayor parte de las veces una relación entre tres espacios tal que el primer espacio se relaciona con el segundo, el segundo con el tercero y éste a su vez con el primero. A esta relación unívoca, le daremos el nombre de Anillo



ESQUEMATIZACION DE UN ANILLO FORMADO POR LOS ESPACIOS 1, 2 Y 3

5. DESCOMPOSICION DE UNA TRAMA EN ANILLOS

Al efecto podemos asumir que una configuración geométrica puede generalmente ser descrita a través de los anillos que la componen:



ANILLOS	ESPACIOS		
A	1	2	5
B	2	6	5
C	5	6	8
D	3	4	2
E	4	6	2
F	4	7	6

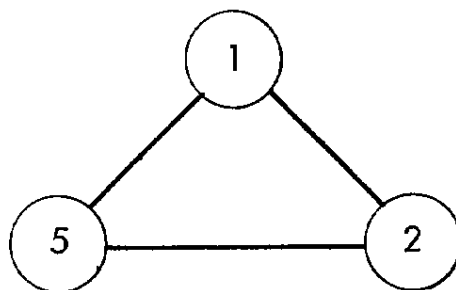
DESCRIPCION DE UNA TRAMA A TRAVES DE SUS ANILLOS

Qué, para facilidad de utilización interpretaremos así:

Anillo "A" 1/2/5
Anillo "B" 3/6/5
Anillo "C" 5/6/8
etc.

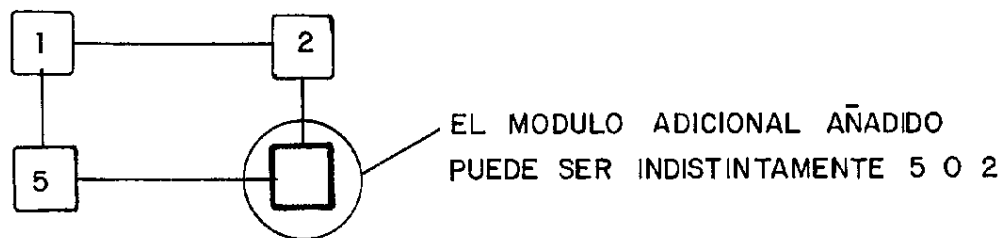
6. REPRESENTACION GEOMETRICA DE UN ANILLO

Para efectos de su representación un anillo puede ser indicado así:



REPRESENTACION DE UN ANILLO

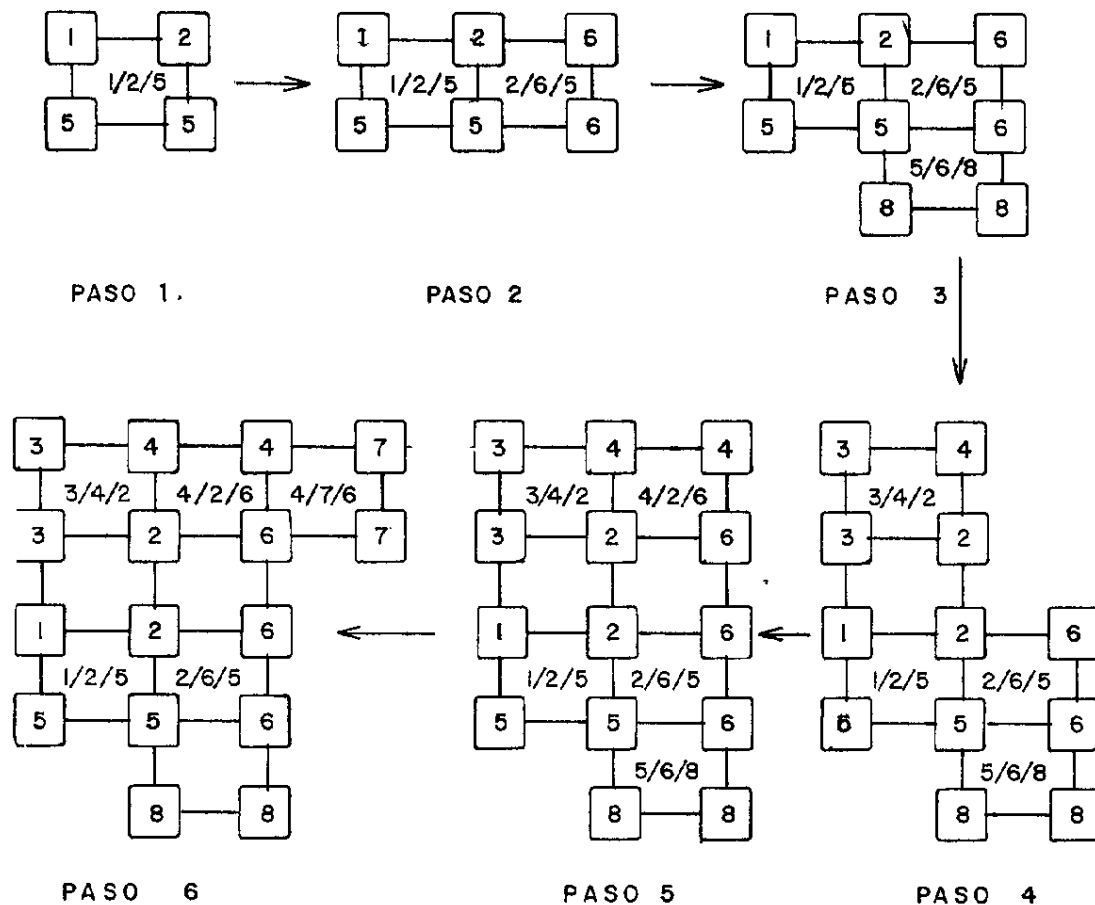
Sin embargo debido a razones que posteriormente comprenderemos, dicho anillo nos será más útil si lo rectangularizamos así:

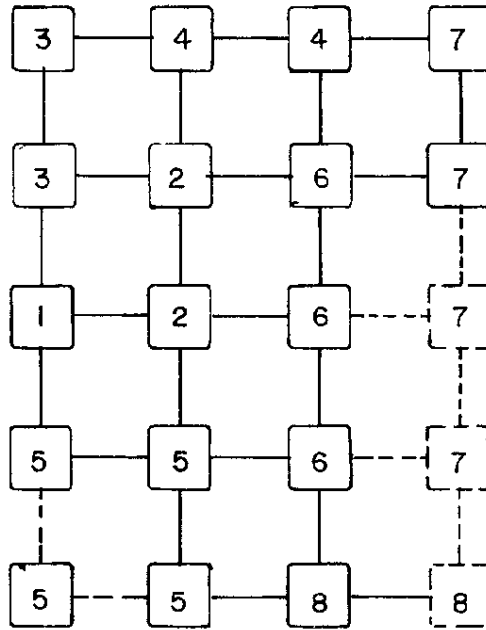


RECTANGULARIZACION DE UN ANILLO

7. REESTRUCTURACION DE LA TRAMA

Siguiendo el procedimiento que veremos a continuación podremos obtener nuevamente la trama, a través de la integración sistemática de anillos.





PASO 7

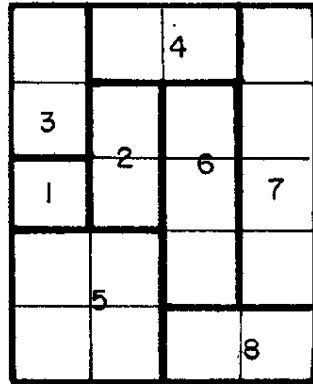
SECUENCIAS EN LA ESTRUCTURA ANULAR DE
UNA TRAMA

Para efectos de la comparación con la trama anterior hemos completado la retícula. Si ahora compactamos los módulos y eliminamos vínculos tenemos:

3	4	4	7
3	2	6	7
1	2	6	7
5	5	6	7
5	5	8	8

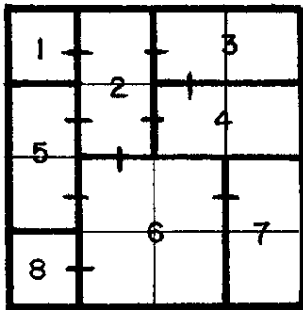
COMPACTACION DE ANILLOS

Retícula de la cual podemos deducir los rectángulos integrando cuadros similares.

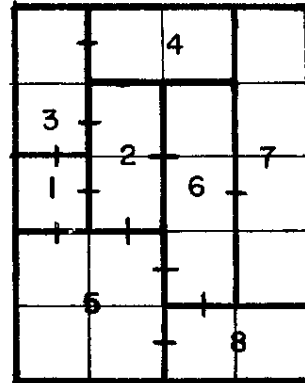


INTERPRETACION GEOMETRICA

Si comparamos ahora esta trama con la trama inicial de la cual derivó, veremos que:



TRAMA INICIAL



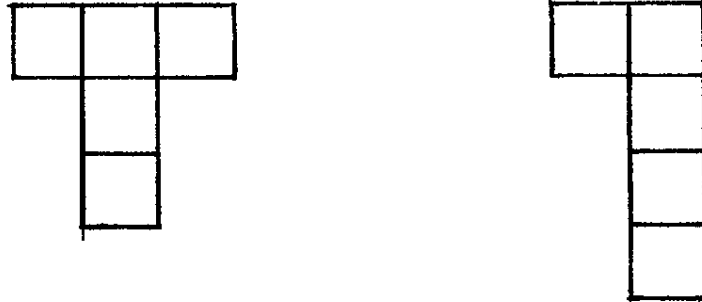
TRAMA FINAL

TRAMAS DE RELACIONES IGUALES

La segunda trama mantiene intactas las relaciones espaciales de la primera. Podrá incluir relaciones adicionales pero conservará siempre las relaciones de la primera.

Se ha generado pues una familia de tramas que se identifican entre sí, a través de una estructura espacial de vinculaciones idénticas, pero siendo sin embargo ambas tramas geoméricamente distintas entre sí.

Es interesante a estas alturas observar que se ha controlado voluntariamente la forma de cada rectángulo manteniéndola en una forma simple. Sin embargo, si se considera deseable la forma podría ser alterada, para adoptar formas tales como:

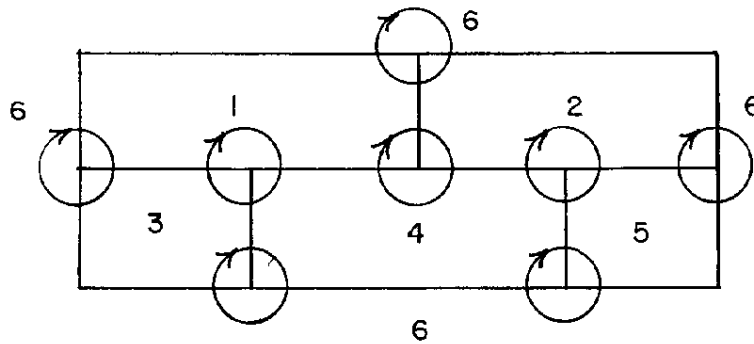


FLEXIBILIDAD DE LAS TRAMAS

o sea que en ningún momento se ha restringido involuntaria o incontroladamente el diseño.

Repitiendo procedimientos análogos al anterior, podemos generar un numeroso grupo de variantes todas las cuales, identificadas a través de una estructura interna similar, se diferenciarían en apariencia totalmente.

Podríamos así mismo, establecer un anillo similar en relación con el área exterior (espacio exterior) a la trama por el simple método de considerarlo un espacio más.



ANILLOS EXTERIORES/INTERIORES

en este caso, los anillos se representarían así:

6/2/1	2/4/1	4/6/3
1/3/6	6/5/2	5/6/4
2/6/5	2/5/4	

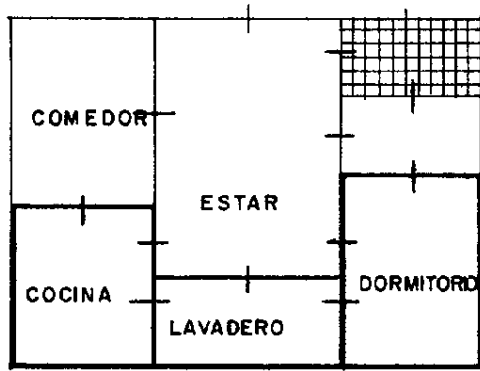
8. INTERPRETACION DE LOS ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO

De forma semejante a lo descrito hasta ahora podemos interpretar y describir una estructura funcional. Imaginemos por ejemplo que las relaciones funcionales entre los espacios de una vivienda se encuentran descritos mediante de la siguiente matriz:

	1-ESTAR	2-COMEDOR	3-COCINA	4-BAÑO	5-CIRCULACION	6-DORMITORIO	7-LAVADERO
1. ESTAR	1	0	0	0	1	0	0
2. COMEDOR	1	1	0	0	0	0	0
3. COCINA	0	1	1	0	0	0	1
4. BAÑO	0	0	0	1	1	0	0
5. CIRCULACION	1	0	0	1	1	1	0
6. DORMITORIO	0	0	0	0	1	1	0
7. LAVADERO	0	0	1	0	0	0	1

MATRIZ DE RELACIONES FUNCIONALES

Si analizamos las estructuras anulares que derivan de esta matriz no encontramos ningún anillo; la razón es lógica: si analizamos cualquier organización funcional existente en forma de planta encontraremos que la mayor parte de las relaciones que establecen los anillos de la forma geométrica no son necesarias para el cumplimiento de las exigencias funcionales así por ejemplo, en el ejemplo anterior tendremos:

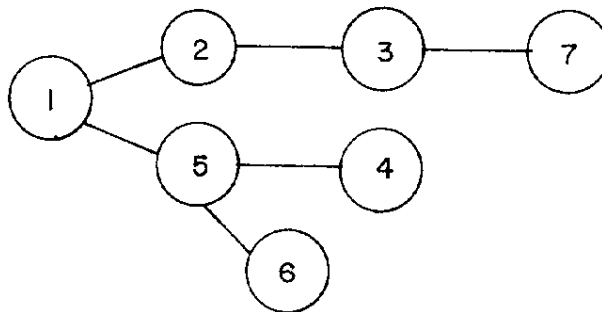


EJEMPLO DE ESTRUCTURA FUNCIONAL

Ambiente	Nº de relaciones exigidas	Nº de relaciones disponibles.
Estar	2	6
Comedor	2	2
Cocina	3	3
Baño	1	2
Circulación	3	3
Dormitorio	1	3
Lavadero	1	3
TOTAL	13	22

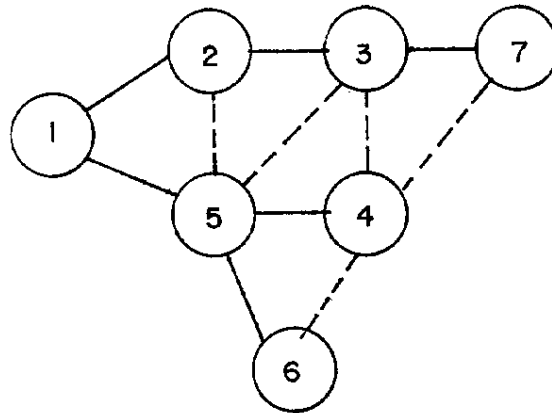
Como puede verse un alto porcentaje de relaciones no son exigidas por la estructura funcional; en el caso del *estar* el número de relaciones exigidas representa una tercera parte de su vinculación espacial total. Esta circunstancia es la que permite las evoluciones del diseñador hacia la obtención de una solución. De no existir esta flexibilidad o al restringirse la misma debido al incremento de vínculos funcionales producto de la complejidad del problema, la acción del diseñador se entorpece al tratar de hallar una solución y puede hasta hacer imposible todo intento de búsqueda.

Podemos en efecto, considerar que la estructura funcional de un problema es una estructura física incompleta y para efectos de la definición de esta última podemos completarla como mejor nos convenga. En el caso del ejemplo anterior la estructura funcional sería:



VINCULACION DE UNA ESTRUCTURA FUNCIONAL

lo que como vemos no llega a constituir una estructura física definida; si quisiéramos obtener una estructura física por ejemplo, deberíamos completar la estructura funcional triangulándola mediante la creación de vínculos ficticios. Esto es:



TRIANGULACION DE UNA ESTRUCTURA
FUNCIONAL

y ya con este criterio podemos proceder a construir las tramas correspondientes.

9. AUTOMATIZACION DEL PROCESO

En la actualidad se inician los trabajos para la automatización del proceso. Para tales efectos podemos considerar dos procedimientos básicos a ser realizados:

A La descripción de una trama en términos de anillos.

- a) A partir de una estructura espacial dada.
- b) A partir de una estructura funcional dada.

B La estructuración de una trama a partir de la descripción anular de la misma.

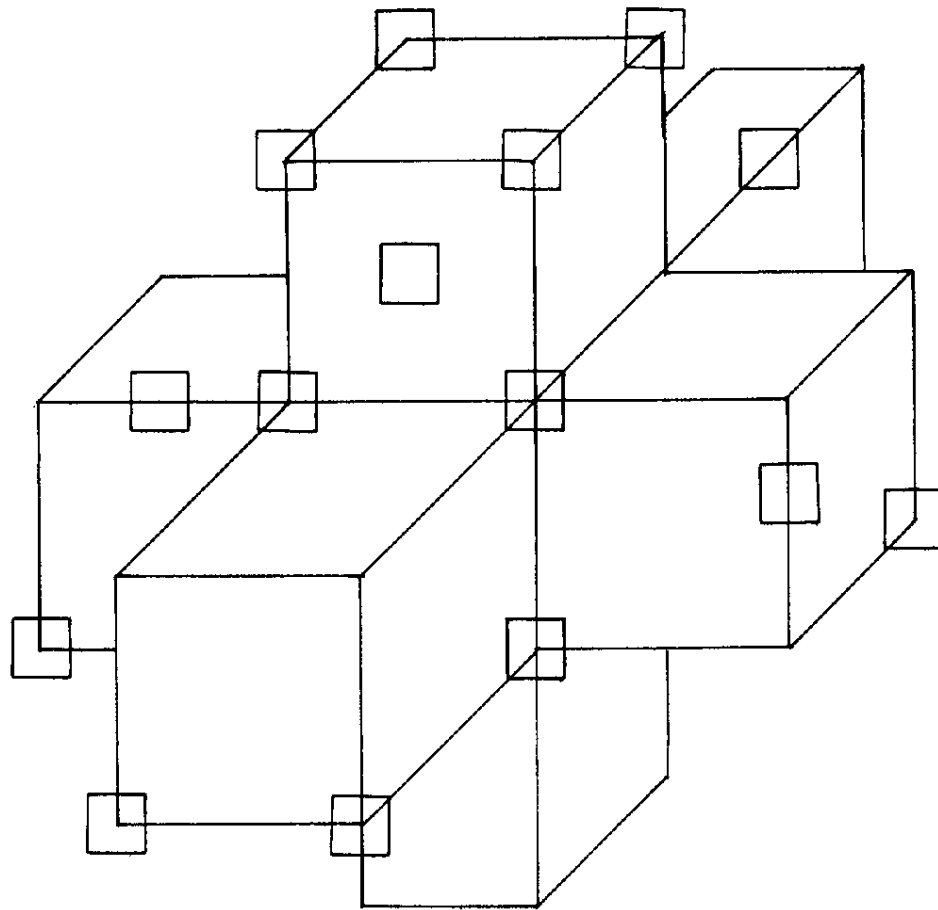
El primer procedimiento difiere por su naturaleza del segundo siendo en su esencia la búsqueda de una estructura única.

El segundo procedimiento es si se quiere más orientado a la creación o al menos a la generación de alternativas diversas.

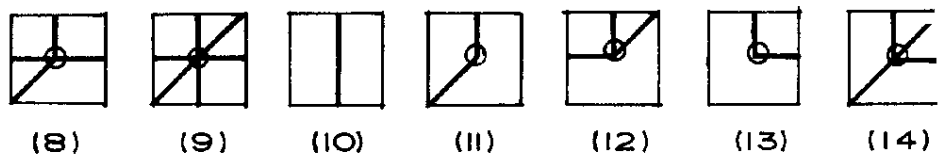
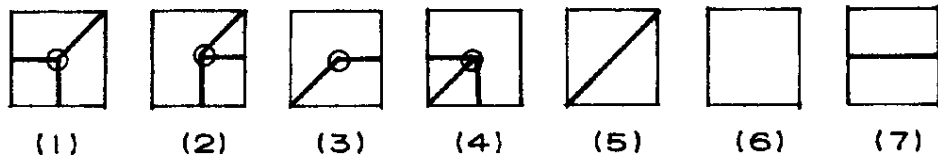
Se prevé que el proceso descrito incrementará grandemente la eficiencia del programa en lo relativo a la generación automática de tramas, pues las alternativas generadas serían en principio soluciones al problema planteado. Por otro lado, con este paso, el programa obtendrá un control parcial en la orientación de las tramas generadas, lo cual es indispensable si se quiere que se constituya en una verdadera herramienta de análisis para el Arquitecto. Finalmente, se estima que las observaciones realizadas contribuyen a suministrar elementos de juicio adicionales en la comprensión de las estructuras ocultas que gobiernan la generación de la forma.

10. ESTADO ACTUAL DE LA TECNICA

Las investigaciones que vengo realizando hasta el momento en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, en unión del Arquitecto Lindolfo GRIMALDI y un grupo colaborador de estudiantes, han producido en esta área específica un programa operativo que genera configuraciones geométricas surgidas de procedimientos estocásticos algunos de cuyos resultados se han incluido en este artículo. Se está desarrollando un programa complementario para la impresión de estos resultados utilizando el graficador o "plotter" del Centro Electrónico de la Facultad de Ingeniería. Se inician, así mismo actividades para generalizar al máximo el programa inicial y próximamente se intentará atacar la identificación de los problemas geométricos mencionados.



DESCRIPCION DE UN VOLUMEN



MODULOS VOLUMETRICOS

11. CONSIDERACIONES FUTURAS

Es conveniente observar que la generación automatizada de la forma podría incluir volumetrías, basándose en el principio básico de compatibilidad. Lógicamente, los módulos básicos tendrían que ser otros.

De igual forma las “reglas de juego” también deberán reformularse.

Se estima que esta nueva herramienta constituye un instrumento experimental que podrá ser utilizado en la búsqueda del control consciente de los mecanismos de la forma.

En un día, no muy lejano, presenciaremos la incorporación al campo de la Arquitectura de nuevos conocimientos geométricos relacionados con el control de la forma para beneficio de la colectividad y de los profesionales a su servicio.

BIBLIOGRAFIA DEL AUTOR

1. *“La Computación Electrónica aplicada a la Arquitectura: Primeros resultados de una investigación”*.
 - I. Revista Punto N° 38. Caracas, Venezuela. Junio 1969.
 - II. Revista Punto N° 40-41. Caracas, Venezuela. Enero-Marzo 1970.
Coautor: Arq° Lindolfo Grimaldi.
2. *“Rectangular Meshes: Their use and Control in Computer-Produced Architectural Schemes”*. Annual A.C.M. Convention Chicago, ILL. 1971.
3. *“Exploración de Alternativas de Organización funcional de espacios mediante el uso de la Computación Electrónica”*.
Primeras Jornadas de Computación Técnica. Doc. 8 Caracas, Venezuela. Mayo 1971.
4. *“Descripción de un Conjunto de Programas para Computador Electrónico Aplicables a la Solución de Distribuciones en Arquitectura”*. Primeras Jornadas de Computación Técnica. Doc. 17. Caracas, Venezuela. Mayo 1971.
Coautor: Arq° Lindolfo Grimaldi
5. *“Enseñanza de la Computación en Arquitectura”*. Revista A.V.I.C.E. (Asociación Venezolana de Ingeniería de Computación). Caracas, Venezuela. Febrero 1972.
6. *“Teorías Cibernéticas en la Arquitectura”: Utilización de la Computación como Auxiliar del Diseño”*.
VI Conferencia Latinoamericana de Escuelas y Facultades de Arquitectura. Maracaibo, Venezuela. Febrero 1972.
Coautores: Arquitectos: Isaac Abadi y Beatriz Sornes de Fernández
—Boletín del Colegio de Ingenieros de Venezuela— Mayo 1972.

7. *"Fronteras del Conocimiento: Arquitectura y Cibernética"*.
I El Nuevo Movimiento —Revista del Colegio de Arquitectos de Venezuela—
Septiembre 1972.
8. *"Description of Two Applications to a Mosaic Composition Technique as Employed in the Random Organization of Architectural Layouts"*.
International Conference on Computers in Architecture York, sept. 1972. Tema libre.
9. *Inteligencia Artificial y Arquitectura: Ficción o Realidad* (A ser publicado).
10. *Avances Tecnológicos en Arquitectura: La Conferencia de York y Otras Experiencias* (A ser publicado).
11. *Hacia un Control Geométrico de la Forma: Construcción Automatizada de Tramas Orientadas a la Creación de Espacios Arquitectónicos*. Junio, 1973.