

Hipergrafo en la Disposición Espacial de Edificaciones

Arq. Iván V. Burgos, M.Sc.
iburgos@luz.ve

Arq. Sonia M. Alonzo, M.Sc.
fmayor@iamnet.com

*Programas de Informática en Arquitectura
División de Estudios para Graduados
Facultad de Arquitectura
La Universidad del Zulia*

RESUMEN

En este trabajo se presenta una herramienta automatizada para la representación inicial tridimensional del hipergrafo con aplicaciones concretas en la disposición espacial de edificaciones, dentro del campo del diseño arquitectónico. La conceptualización se basa en el Hipergrafo, Hipergrafo Estructurado, operaciones de Abstracción y Expansión [1],[5], y en algoritmos propios para la representación espacial tridimensional del hipergrafo y sus relaciones interesaciales. Se parte de la programación de espacios, matriz de interrelación y matriz de asociación de los ambientes involucrados para graficar tridimensionalmente un hipergrafo inicial el cual puede ser editado y modelado por el usuario, hasta la obtención de alternativas que representen el primer acercamiento a un esquema funcional y a una planta definitiva. Los vértices (o esferas) representan las unidades básicas, poseen dimensiones a escala y son editables hasta obtener un esquema funcional tridimensional. Además de la información característica de un grafo (información relacional) paralelamente existe una información jerárquica del hipergrafo dando como resultado el hipergrafo estructurado, haciendo mas poderosa la herramienta.

Se concluye con la aplicación a un caso particular y su representación a través de gráficos obtenidos con la herramienta automatizada.

Palabras Claves: *abstracción, expansión, hipergrafo, hipergrafo estructurado, macrovértice, estructura jerárquica, estructura relacional.*

1. INTRODUCCION

Esta investigación demuestra, a partir de los conceptos de hipergrafo [2], hipergrafo estructurado [1], Modelo Gráfico Propuesto [3], y los conceptos básicos de diseño de redes y nodos informáticos, su aplicabilidad en el campo de la arquitectura como un método de diseño.

El modelo se genera a partir de la información proporcionada por la programación de espacios, matrices de interrelación y matrices de asociación. Este modelo posteriormente puede ser editado hasta la obtención de un esquema funcional a escala en tres dimensiones.

2. ANTECEDENTES

En el proceso de diseño arquitectónico se han utilizado los árboles y grafos como herramientas [4] para la representación gráfica de distribuciones espaciales las cuales presentan ciertas restricciones de tipo relacional y jerárquica provocando en la mayoría de los casos pérdidas de información. El hipergrafo estructurado ofrece la posibilidad de mantener ambas estructuras, jerárquica y relacional, conservando la información original y primaria.

Hasta el momento, los trabajos que existen, operan y grafican en forma bidimensional el hipergrafo estructurado con las

restricciones que produce la representación del mismo por razones de la planaridad. El empleo que se le pretende dar y su potencialidad ameritan la representación tridimensional.

3. TERMINOLOGÍA

Abstracción:

Proceso en el cual los elementos que conforman un subhipergrafo son reducidos a un vértice denominado macrovértice.

Disposición Espacial:

Orden en el cual se distribuyen los espacios durante el proceso de diseño arquitectónico.

Estructura Jerárquica:

Estructura de datos en la que sus componentes son ordenados a partir de los grados de subordinación que existen entre ellos.

Estructura Relacional:

Estructura de datos en la que sus componentes son ordenados a partir de las relaciones que existen entre ellos sin tomar en cuenta ningún tipo de jerarquía o subordinación.

Expansión (o Refinamiento):

Proceso que permite la reconstrucción de los elementos básicos de un subhipergrafo reducido a través de la explosión del

macrovértice respectivo.

Grafos:

Serie de símbolos (generalmente denominados vértices) unidos por flechas o caminos, éstos últimos representando las relaciones existentes entre los vértices. Este tipo de representación sólo permite la relación “uno a uno”.

Hipercarco:

Representa la relación existente entre un vértice (espacio) y otro vértices o varios de ellos. Establecen vínculos de relación y jerarquía. Pueden contener información sobre la conexión.

Hipergrafo:

Estructura relacional en la que vértices o nodos son unidos a través de arcos o hipercarcos. Su diferencia básica con los grafos es la posibilidad de relacionar más de dos vértices cada vez, es decir, relación “uno a varios”.

Hipergrafo Estructurado:

Se define como la combinación de una estructura jerárquica con una representación relacional, ésta última se basa en hipergrafos, que describen las relaciones entre los elementos conservando la jerarquía entre ellos.

Macro-Vértice:

Representa la compresión de los vértices o espacios en otro vértice contenido de la información primaria, en un proceso recursivo, pudiendose llegar, teóricamente, hasta la hipercompresión del espacio habitable.

Programación de Espacios:

Lista de espacios con sus correspondientes características y requerimientos principales que serán desarrollados durante el proceso de diseño arquitectónico.

Vértice:

Representa cada espacio a ser vinculado jerárquica y/o relacionalmente a través de hipercarcos.

4. FUNDAMENTACION

4.1. Hipergrafo

Matemáticamente, un hipergrafo se define de la siguiente manera: Sea $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ un conjunto finito, y $E = (E_i | i \in I)$ una familia de partes de X , se dice entonces que constituye un hipergrafo sobre X si:

- i. $E_i \cap E_j = \Delta$ ($i \in I$)
- ii. $\cup E_i = X$

La pareja $H = (X, E)$ se denomina hipergrafo, donde $|X| = n$ constituye el orden del mismo. Los elementos x_1, x_2, \dots, x_n son llamados vértices y los conjuntos E_1, E_2, \dots, E_m , conforman los arcos del hipergrafo [2].

4.2. Hipergrafo Estructurado

Su idea general se basa en el concepto de reductibilidad, esto es, la posibilidad de reemplazo y representación de un subhipergrafo mediante un vértice.

En forma matemática, el hipergrafo estructurado está definido

de la siguiente forma:

$$h = (H, B, m), \text{ donde:}$$

a.- H: $\{ H_0, H_1, \dots, H_n \}$, es una familia de hipergrafos, para la que cada $H_i = (X, E)$,

$i = 0, \dots, n$. La familia debe cumplir:

- i. $H_i \cap H_j = \Delta$, $i \neq j, j = 0, 1, \dots, n$.
- ii. Existe en H un elemento único, denotado por H_0 , tal que cada H_k en H no es el hipergrafo padre de H_0 .
- iii. Para cada H_i en $H - \{ H_0 \}$, existe un elemento único H_j en H tal que H_i es hijo de H_j .

b.- B: familia de tuplos definiendo las conexiones frontera entre cada elemento en $H - \{ H_0 \}$ y sus padres.

$$B = \{ (I_i, BV (H_i), j_i) \}, i = 0, 1, 2, \dots, n, \text{ donde:}$$

- I_i : conjunto de hipercarcos incidentes en x_i (x_i es el macrovértice que reemplaza a H_i)
- $BV (H_i)$: vértices frontera de H_i
- j_i : define las conexiones frontera.
- $j_i : I_i \in BV (H_i)$.

c.- m: proyecta cada H_i en $H - \{ H_0 \}$ dentro del macrovértice x_i expandido en H_i .

$$m: H_i \in x_i$$

4.3. Abstracción y Expansión

El concepto de reductibilidad de un subhipergrafo a un vértice, es posible a través de dos transformaciones básicas: *la abstracción y el expansión* (conocida también como *refinamiento*). Estas transformaciones son las herramientas que permiten definir y modificar un hipergrafo estructurado, el cual puede llevarse hasta un grafo simple, y luego reconstruirse su representación jerárquica mediante la expansión del hipergrafo y sus vértices. Ambos procesos tienen efectos estrictamente puntuales dentro de la estructura.[1].

5. MODELO GRAFICO TRIDIMENSIONAL

Para la alimentación del modelo (Gráfico No. 1), la información

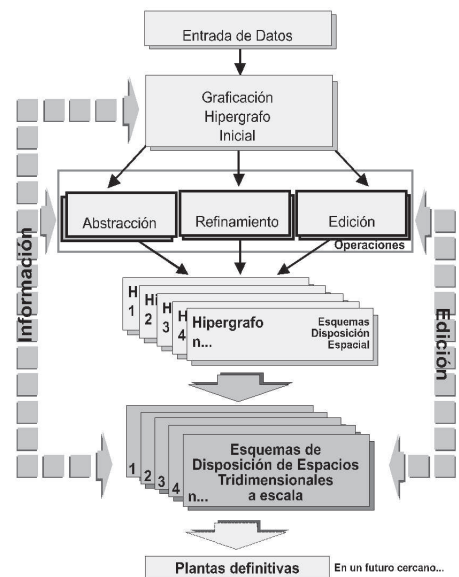


Gráfico No. 1.
Modelo Gráfico Tridimensional

de entrada se basa en la programación de espacios previamente zonificados, generando una matriz de asociación de las relaciones funcionales; posteriormente la información se lleva a una matriz de interrelación la cual determina las vinculaciones de cada hiperarco en función al orden de los vértices, a partir de allí se grafica un hipergrafo inicial que representa los espacios y sus relaciones agrupados por zonas.

Los vértices de este hipergrafo inicial (gráfico No.2) pueden ser editados, movilizándose a nuevas posiciones en el espacio, con el fin de mejorar la visualización de los mismos dentro del conjunto y promover posibles agrupaciones, ya sea sólo como nuevas ubicaciones o para ser propicios al proceso de abstracción. En todo momento, la información sobre las características de cada espacio, en este caso los vértices, o de cada hiperarco (también pueden contener información sobre el tipo de vínculo)

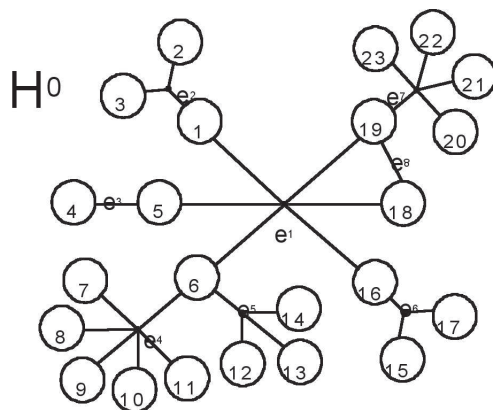
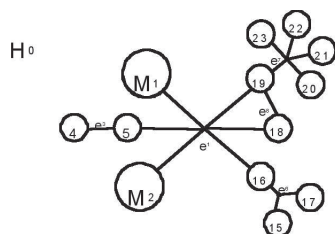


Gráfico No. 2.
Hipergrafo Estructurado Inicial

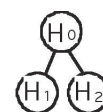
debe estar disponible para los efectos de edición o cualquier acción de transformación.

Posteriormente, abierta siempre la posibilidad de edición en los vértices, podrán realizarse las operaciones de abstracción y expansión con el fin de modelar el hipergrafo de la manera que convenga al diseñador (Gráfico No. 3).



ESPACIOS - RELACIONES - ZONAS
Abstracciones en M1 y M2 y la Estructura Jerárquica asociada
Gráfico No. 3.
Procesos de Abstracción y Refinamiento

Paralelamente, la información relacionada con los espacios y sumatoria de áreas de los mismos contenidos en cada macrovértice, se encuentra disponible, al igual que la estructura jerárquica correspondiente al momento de cada abstracción y/o expansión. (Gráfico No. 4).



REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA JERÁRQUICA

Gráfico No. 4.

Estas operaciones resultan especialmente útiles en grandes edificaciones y conjuntos y para espacios urbanos, en los que el número de relaciones entre elementos y grados de jerarquía determinan una compleja red, que requeriría gran cantidad de tiempo y esfuerzo para ser diseñada y/o modificada. La abstracción permite agrupar espacios, guardando sus relaciones y vínculos jerárquicos y descongestionar los esquemas, logrando una mayor claridad en los mismos; una vez resuelta una zona, es posible hacer abstracción de ella, expandir otra para trabajar y así sucesivamente. Al nivel más alto de expansión, es posible obtener esquemas de zonificación detallados. Esto permite la obtención de varias propuestas de organización de espacios. Determinadas una o varias de ellas, cada vértice puede transformarse en el espacio que representa: una unidad básica tridimensional que presente las dimensiones determinadas en la programación de espacios inicial, directamente tomados de ésta (Gráfico No. 5).

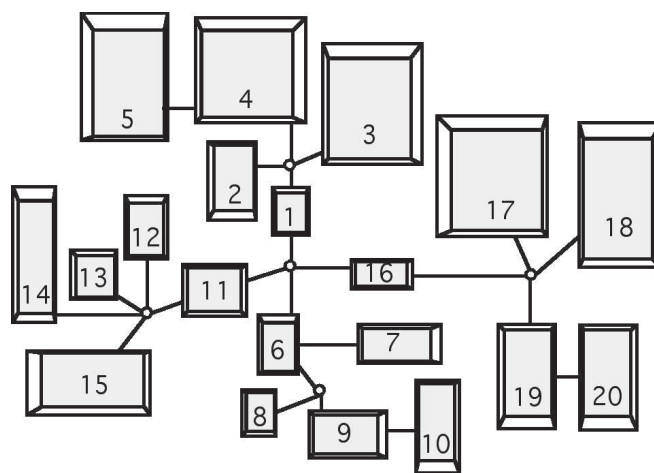


Gráfico No. 5.
Esquema de Disposición de Espacios Tridimensionales a Escala

Luego de esta última transformación, el resultado será un esquema más cercano al diseño final. Los espacios se representan en dimensiones reales a escala, que, pueden ser editados, ajustándose su ubicación hacia cualquier punto en el espacio, mientras que los hiperarcos determinaran la posible creación de nuevos espacios y las relaciones que existen entre los actuales. A partir de aquí, tomando en cuenta los nuevos espacios, es posible una visualización cercana a lo que podría ser la disposición de espacios en el proyecto final, incluso, si se eliminan los hiperarcos, el dibujo puede ser la base para la representación tridimensional del proyecto ya que los espacios básicos se encuentran bajo esa condición.

Podría decirse entonces, que con este modelo, se sistematiza la

etapa correspondiente a la disposición inicial de los espacios, fase primordial dentro del proceso de diseño, además de que su obtención se realiza a través de la utilización de un sistema cercano a lo que debe ser un Diseño Asistido por Computadora o Asistente Computarizado del Diseño (CAD).

6. APLICACION

La secuencia de los pasos necesarios (Entrada de Datos) en la generación de la información gráfica se puede resumir en el gráfico 5a:

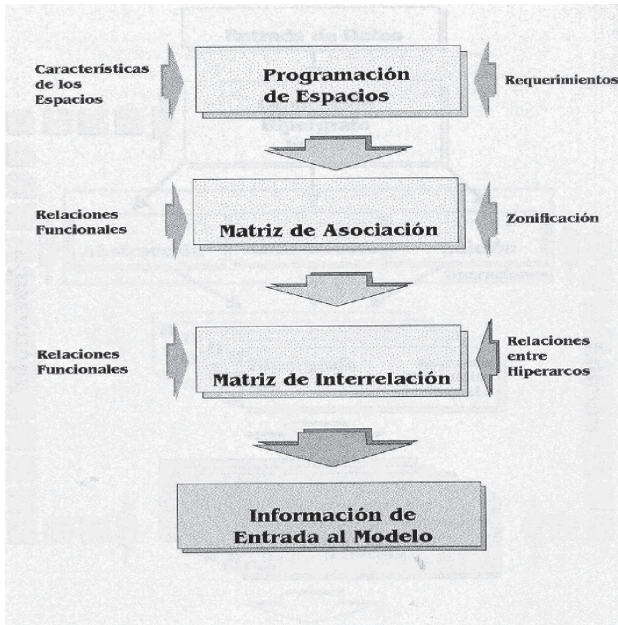


Gráfico 5a Esquema de Entrada de Datos

6.1 Programación de Espacios.-

La programación de espacios se establece basados en información dada por el usuario, como actividades, usuarios, organigramas y otros, logrando así determinar la cantidad de espacios requeridos, sus dimensiones, áreas, características fisico-espaciales, orientaciones y relaciones con otros espacios.(Gráfico No.5b)

Sede de Postgrado											
ZONAS	ESPACIOS			CONDICIONES ESPACIALES			REQUERIMIENTO	SERVICIO	MATERIALES	OBSERVACIONES	SERVICIO
	USO	AREA	CUBICAJE	TIPO	AREA	CUBICAJE					
1	REC. INFORM.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
2	SANITARIOS	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
3	DEPOSITOS	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
4	DIRECCION	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
5	SEC. DIRECC.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
6	SECRETARIA	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
7	P. ACAD. No. 1	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
8	P. ACAD. No. 2	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
9	P. ACAD. No. 3	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
10	P. ACAD. No. 4	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
11	P. ACAD. No. 5	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
12	P. FORMAC. DOC.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
13	P. EDUC. CONT.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
14	CONV. ESPEC.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
15	ADMON.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
16	SEC. ADMON.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
17	ARCHIVOS	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
18	LABORAT. (4)	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
19	AULAS (4)	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
20	S. CONFER.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
21	CUB. MAEST.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
22	BIBLIOTECA	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1
23	REPRODUCC.	100	100	1	100	100	1	1	1	1	1

Gráfico 5b Ficha de Programación de Espacios

6.2 Matriz de Asociación.-

La matriz de asociación vincula los espacios entre sí, es condición importantísima que, para que un grafo pueda ser abstraído debe ser conexo [3][5], con esta matriz determinamos el número de relaciones de cada espacio, lo cual será de gran ayuda para la Matriz de Interrelación.(Gráfico no. 5c).

Espacios	Espacios																									
	1. REC. INFORM.	2. SANITARIOS	3. DEPOSITOS	4. DIRECCION	5. SEC. DIRECC.	6. SECRETARIA	7. P. ACAD. No. 1	8. P. ACAD. No. 2	9. P. ACAD. No. 3	10. P. ACAD. No. 4	11. P. ACAD. No. 5	12. P. FORMAC. DOC.	13. P. EDUC. CONT.	14. CONV. ESPEC.	15. ADMON.	16. SEC. ADMON.	17. ARCHIVOS	18. LABORAT. (4)	19. AULAS (4)	20. S. CONFER.	21. CUB. MAEST.	22. BIBLIOTECA	23. REPRODUCC.			
1. REC. INFORM.	•																									
2. SANITARIOS		•																								
3. DEPOSITOS			•																							
4. DIRECCION				•																						
5. SEC. DIRECC.					•																					
6. SECRETARIA						•																				
7. P. ACAD. No. 1							•																			
8. P. ACAD. No. 2								•																		
9. P. ACAD. No. 3									•																	
10. P. ACAD. No. 4										•																
11. P. ACAD. No. 5											•															
12. P. FORMAC. DOC.												•														
13. P. EDUC. CONT.													•													
14. CONV. ESPEC.														•												
15. ADMON.															•											
16. SEC. ADMON.																•										
17. ARCHIVOS																	•									
18. LABORAT. (4)																		•								
19. AULAS (4)																			•							
20. S. CONFER.																				•						
21. CUB. MAEST.																					•					
22. BIBLIOTECA																						•				
23. REPRODUCC.																							•			

Gráfico 5c Ficha de Matriz de Asociación

6.3 Matriz de Interrelación.

La matriz de interrelación asocia cada hiperarco con los espacios, es una etapa delicada, ya que dependerá de la experiencia y destreza del diseñador, acá se determina además cual hiperarco posee más peso, lo cual es crucial para el algoritmo de graficación [5] y disposición espacial inicial (automatizado), ya que el hiperarco mas cargado (de mayor peso) será el centro e inicio del proceso de graficación tridimensional del hipergrafo generado (Gráfico No. 5d).

		RELACIONES																					
ESPACIOS		e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8														
Espacios	1.- Rec. Información	•																					
	2.- Sanitarios		•																				
	3.- Depósitos			•																			
	4.- Dirección				•																		
	5.- Sec. Dirección					•																	
	6.- Secretaría						•																
	7.- P. Acad. No. 1							•															
	8.- P. Acad. No. 2								•														
	9.- P. Acad. No. 3									•													
	10.- P. Acad. No. 4										•												
	11.- P. Acad. No. 5											•											
	12.- P. Formac. Docente												•										
	13.- P. Educ. Continua													•									
	14.- Convenios Especiales														•								
	15.- Administración															•							
	16.- Sec. de Administración																•						
	17.- Archivos																	•					
	18.- Laboratorios (4)																		•				
	19.- Aulas (4)																			•			
	20.- Sala de Conferencia																				•		
	21.- Cubículos Maestranes																					•	
	22.- Biblioteca																						•
	23.- Reproducción																						

[5]

Gráfico 5d Ficha de Matriz de Interrelación

6.4 Graficación del Hipergrafo Inicial.-

La gran ventaja de graficar un hipergrafo en tres dimensiones es que los problemas de planaridad quedan totalmente resueltos, ya que las intersecciones entre hiperarcos se eliminan, esto es complementado por el uso de un arreglo en tiempo real, el cual dispone y mantiene el control de las coordenadas espaciales no ocupadas. El algoritmo desarrollado se fundamenta en el desarrollado por *Burgos-Alonzo* [5], en donde se parte del hiperarco con más peso, es decir, con mayor número de relaciones, pasando luego, al hiperarco que le sigue en cuanto a número de relaciones, el cual a su vez buscará entre los vértices del primer hiperarco cualquier conexión existente ó vértices comunes y así sucesivamente. Se genera automáticamente el hipergrafo inicial, a partir de la información suministrada (Gráficos Nos.6 y 7) y luego el usuario pasa a tomar control con

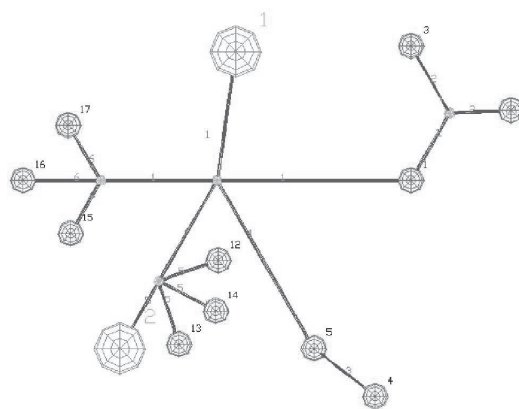


Gráfico N° 8- Abstracción en Macrovértices 1 y 2

la escogencia por parte del diseñador de la solución espacial deseada (Gráfico Nos. 9a y 9b)

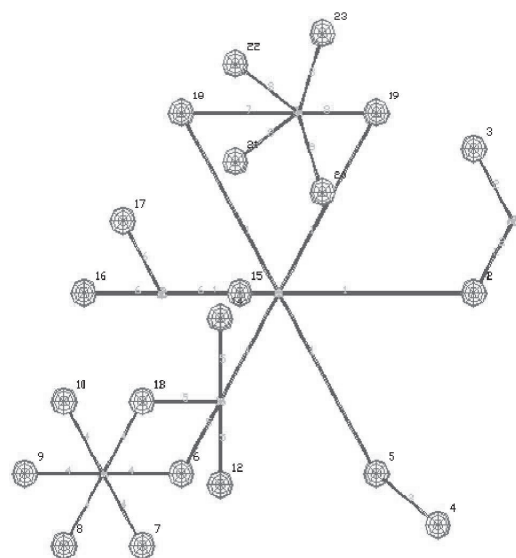


Gráfico N° 6- Hipergrafo Inicial

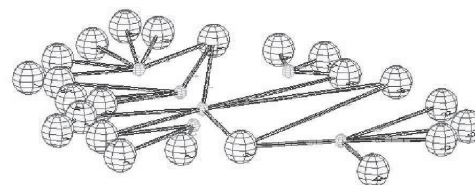


Gráfico N° 9a- Hipergrafo Editado

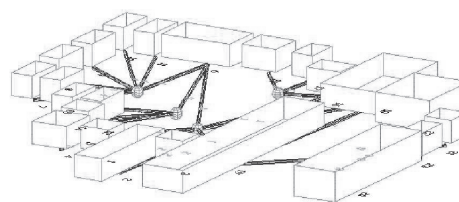


Gráfico N° 9b- Hipergrafo Sustituido por U.B.

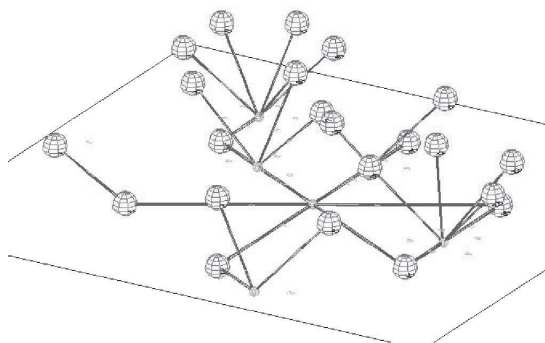


Gráfico N° 7- Hipergrafo Inicial en Angulo

las consecuentes ediciones del mismo, (Gráfico No. 8), usando los algoritmos de abstracción y expansión (o refinamiento), pasando por la sustitución de los vértices por elementos reticulares tridimensionales (Unidades Básicas), hasta llegar a las primeras aproximaciones de las plantas definitivas luego de

Finalmente otra de las ventajas que posee el Hipergrafo es su capacidad de combinar estructuras relacionales con estructuras jerárquicas, potenciando de esa manera la visualización de las relaciones e interconexiones interesaciales (Gráfico No. 10)

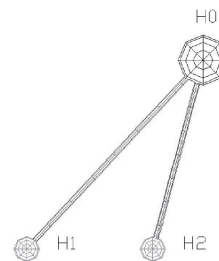


Gráfico N° 10-- Estructura Jerárquica

7. PLATAFORMA DE TRABAJO

La herramienta automatizada se desarrolló en Autocad V.12 y el lenguaje de programación utilizado fué el Autolisp, en un microcomputador 486dx/33, 8 Mb. RAM, lo que nos lleva a considerar que no existen grandes exigencias a nivel de equipos.

8. CONCLUSIONES

El modelo gráfico tridimensional basado en el hipergrafo estructurado permite, dentro del proceso de diseño, la sistematización de la fase inicial de la disposición espacial, obteniéndose un acercamiento a esquemas de ubicación lo que se traduce en un ahorro de tiempo, manteniendo el control del esquema primario.

La representación tridimensional del hipergrafo estructurado elimina los problemas de planaridad permitiendo con ello mayor riqueza en la disposición espacial.

REFERENCIAS

- [1] **Ancona, M. y De Floriani, L.** “A hypergraph - based hierarchical data structure and its applications”. Computational Mechanics Publications. Adv. Eng. Software. 1.989, Vol. 11. No. 1.
- [2] **Berge, Claude.** “Graphs and Hypergraphs”. Dunod. París, 1.970.
- [3] **Naranjo, Cecilia, I. Burgos y K. Giles.** “Modelo Gráfico basado en el Hipergrafo Estructurado para las disposiciones espaciales en Arquitectura”. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Arquitectura. División de Estudios para Graduados. Universidad del Zulia. Maracaibo, 1.995.
- [4] **Hinz, Elke.** “Desarrollo de un Modelo Gráfico para la Disposición Espacial en Edificaciones.” Trabajo de Ascenso. Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia. Maracaibo, 1.981.
- [5] **Burgos, I - Alonzo, S.** “Módulo Gráfico Tridimensional para la Representación del Hipergrafo Estructurado”. Trabajo de Grado. División de Estudios para Graduados. Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia. Maracaibo, 1996.