

00164  
/lej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Título de la Tesis:

"LA COMPUTADORA EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS ARQUITECTONICOS".

Subtítulo de la Tesis:

"DISEÑO ARQUITECTONICO Y COMPUTADORAS".

Autor:

Arquitecto GERMAN IGNACIO GARCIA CORREDOR.

Con la que opta al título de Maestro en Arquitectura,  
en el Area de Tecnología.

00164  
1984

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ciudad de México, Marzo de 1984.



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

INTRODUCCION GENERAL .....	1
CAPITULO 1: "Qué es una computadora? .....	5
1.1. Estructura Básica .....	5
1.2. Características principales de la computadora ....	6
1.3. Clasificación de las computadoras: .....	6
1.3.1. Según la forma como operan: .....	7
1.3.1.a. Analógicas .....	7
1.3.1.b. Digitales .....	7
1.3.2. Según su estructura y funcionamiento: .....	9
1.3.2.a. Estructura Física .....	9
1.3.2.b. Estructura Lógica .....	18
1.3.3. Según su tamaño, capacidad y velocidad: .....	22
1.3.3.a. Macrocomputadoras .....	22
1.3.3.b. Minicomputadoras .....	22
1.3.3.c. Microcomputadoras o Computadoras Personales ....	23
1.3.3.d. Computadoras de "Bolsillo" .....	23
1.3.3.e. Calculadoras Programables .....	23
CAPITULO 2: "La labor del Arquitecto y el apoyo que puede ofrecerle la computadora" .....	24
2.1. Introducción .....	24
2.2. Los problemas inherentes a la Arquitectura .....	26
2.3. Los problemas codificables y bien estructurados .	27
2.4. Antecedentes en el uso de la computadora en la re solución de problemas arquitectónicos .....	28
2.5. Consideraciones sobre el diseño arquitectónico co mo problema y su posible resolución por medio de computadoras: .....	30
2.5.1. Procesos de diseño: .....	31
2.5.1.a. Proceso Inconsciente .....	31
2.5.1.b. Proceso Consciente .....	32
2.5.2. Diseño Arquitectónico Auxiliado por Computadora .	34
2.6. Conclusión .....	38

CAPITULO 3: "Los sistemas de graficación auxiliada por compu	
tadora, en el despacho del arquitecto".....	40
3.1.    Un nuevo concepto.....	40
3.2.    Los centros de cómputo.....	41
3.3.    Bases de datos:.....	43
3.3.1.  Almacenamiento de datos en la memoria principal..	44
3.3.2.  Almacenamiento de datos en la memoria auxiliar...	46
3.4.    Tipos de procesamientos de datos:.....	47
3.4.1.  Procesamiento en bloque.....	47
3.4.2.  Procesamiento de Tiempo Compartido.....	51
3.5.    Procesamiento de datos gráficos y descripciones	
geométricas de edificios en las bases de datos:..	54
3.5.1.  Descripción geométrica en redes.....	54
3.5.2.  Descripciones en base a representaciones póligo-	
nales y poliédricas.....	57
3.5.3.  Otras descripciones.....	59
3.6.    Visualización.....	59
3.7.    Reconocimiento de esquemas.....	61
CAPITULO 4: "Una aplicación a los sistemas modulares en pre-	
fabricación".....	62
4.1.    Introducción.....	62
4.2.    Planteamiento:.....	62
4.2.1.  Coordinación dimensional y modular.....	65
4.2.2.  Definición del planteamiento.....	68
4.2.3.  Automatización del sistema modular de diseño.....	72
CONCLUSIONES: .....	74
BIBLIOGRAFIA: .....	80
ANEXOS: .....	82

## "LA COMPUTADORA EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS ARQUITECTONICOS".

### "Diseño Arquitectónico y Computadoras".

#### INTRODUCCION GENERAL:

El punto de partida que me ha traído a la exploración del tema: "La Computadora en la resolución de Problemas Arquitectónicos" se remonta a mi convicción de que la Arquitectura tiene como obligación necesaria estar renovándose permanentemente y que para ello, las tecnologías rápidamente cambiantes deben calibrarse en busca de esa renovación que permita al arquitecto dar una respuesta satisfactoria a los nuevos problemas que ante él se presentan.

La Computadora es un tecnología nueva y por lo mismo, un tanto desconocida entre quienes no les corresponde usarla directamente, es decir, entre quienes están alejados de las labores de los profesionales en las Ciencias de la Computación. Sin embargo, esta tecnología tan nueva ha invadido muchas áreas del quehacer humano, desde los juegos electrónicos, hasta aplicaciones comerciales y científicas en casi todas las profesiones, incluyendo por supuesto la Arquitectura, en donde a pesar de ello continúa un desconocimiento general de la ayuda que esa máquina puede ofrecer al arquitecto y de los apoyos que el arquitecto puede buscar en ella misma.

Tomando este desconocimiento y esta expectativa como retos que debemos superar, para permitir así que se produzca la renovación de la Arquitectura, en cuanto a lo que la tecnología de computadoras se refiere, inicié una investigación que me permitiera obtener las bases para el presente trabajo de Tesis.

Al sintetizar lo expuesto aquí, se debe decir: que hay en práctica numerosas actividades relacionadas con las labores arquitectónicas que están siendo procesadas por computadora; que siendo el Diseño Arquitectónico el oficio neto del Arquitecto; que el Diseño Arquitectónico no ha sido procesado adecuadamente por computadora; y que sin embargo todos los arquitectos interesados en el tema dudamos acerca de la obtención de un diseño ar-

quitectónico, todas estas consideraciones consiguieron que en este presente trabajo se enfocara con especial atención el tema del Diseño Arquitectónico y su relación con las computadoras. Hay que advertir que no se trata de buscar aplicaciones de la computadora en el diseño, pues caeríamos en el peligro de buscarle uso a una herramienta solo porque la tenemos a mano; en cambio, se trata de explorar los procesos de diseño, analizar sus métodos y ver sus complejidades, para luego observar las aproximaciones que se han tratado de desarrollar con la ayuda de la máquina, evaluarlas y posteriormente ir definiendo un proceso de diseño que por sus características requiere (y no "requiera"), del apoyo de la computadora para ayudar al arquitecto en la búsqueda de una solución satisfactoria de diseño.

La organización del documento se subdividió en cuatro capítulos, así:

En el Capítulo I se hace una descripción general de la computadora, cuyo objetivo es recopilar en una forma clara y concisa las funciones de la computadora, sin entrar en aplicaciones específicas; esto para permitir al arquitecto una introducción sobre la máquina, en caso de no conocerla. Es un enfoque dirigido al no técnico en computación y por lo tanto se evita el uso de palabras técnicas en inglés, que aún no han tenido una traducción aceptada en general.

En el Capítulo II se trata la labor del arquitecto, principalmente en el diseño arquitectónico, y el apoyo que le ofrece la computadora. El objetivo es dar una visión general sobre los campos arquitectónicos en los que se ha aplicado la computadora y en los que se ha querido aplicar "a la fuerza", aclarando una confusión generada por la traducción del inglés del "Computer-Aided Architectural Design". Por otro lado, se pretende analizar tecnológicamente al diseño arquitectónico y sus diversos procesos generales para tener una visión global de las aproximaciones que se han hecho alrededor del mismo, con el fin de definir la postura del diseñador ante una posible resolución de su trabajo auxiliada por computadora.

En el Capítulo III se estudia el cambio cualitativo que sucede entre la computadora tradicional, es decir aquella que manipula la información numérica, alfabética y simbólica; y la computadora que manipula información gráfica, y lo que ello representa para la labor del arquitecto. El objetivo es dar a conocer las diversas opciones, en cuanto a modos de usar la computadora en un despacho arquitectónico, con mayor profundidad en los sistemas de graficación y así definir cual es la tecnología de computadoras que le corresponde usar al arquitecto.

En el Capítulo IV, luego de una síntesis de lo visto en los capítulos anteriores, se hace una aplicación teórica a los sistemas modulares en prefabricación. Esto, como producto del análisis de los procesos de diseño. El objetivo es definir un planteamiento respecto al tipo de proceso de diseño que al pensar del autor de este trabajo, necesita del apoyo de la computadora en su resolución.

Posteriormente se definen las conclusiones del trabajo y se anexa un apéndice con material complementario al tema de la tesis.

Con todo ello se pretende cumplir los siguientes objetivos:

1. Dar a conocer al arquitecto que no ha conocido ni a la computadora ni a sus funciones, estos conceptos; para lograrlo se adopta un enfoque didáctico en los textos que por tratarse de compilaciones así lo requieren, y un enfoque de exposición en los textos de análisis y conclusiones del autor.
2. Permitir al arquitecto ubicar la función de la computadora en la resolución de sus tareas profesionales, esclareciendo las verdaderas capacidades que posee el denominado: "Diseño Arquitectónico Auxiliado por Computadora" en el Diseño Arquitectónico mismo.
3. Definir cuales procesos de cómputo, especialmente en graficación, deben integrarse al desarrollo normal de la Arquitectura como tecnología que le pertenece por derecho propio.
4. Proporcionar al arquitecto una guía para una instalación computacional en su despacho.

5. Permitir al autor de este trabajo marcar el punto de inicio que le proporcione la capacidad de introducir el conocimiento de las computadoras y su rol en el campo arquitectónico, en las Facultades de Arquitectura.

El contenido y alcance de este trabajo encuentra una limitante en el paso de los planteamientos teóricos a los ejemplos prácticos, principalmente porque el equipo que ha de implementar un planteamiento de análisis de sistemas, debe ser multidisciplinario y no existe tal equipo en este trabajo. Sin embargo se elaboraron varios programas de cómputo, los que se anexan al final de la presente tesis, y que representan la aplicación de los planteamientos hechos en ella.

## CAPITULO 1

### ¿ QUE ES UNA COMPUTADORA ?

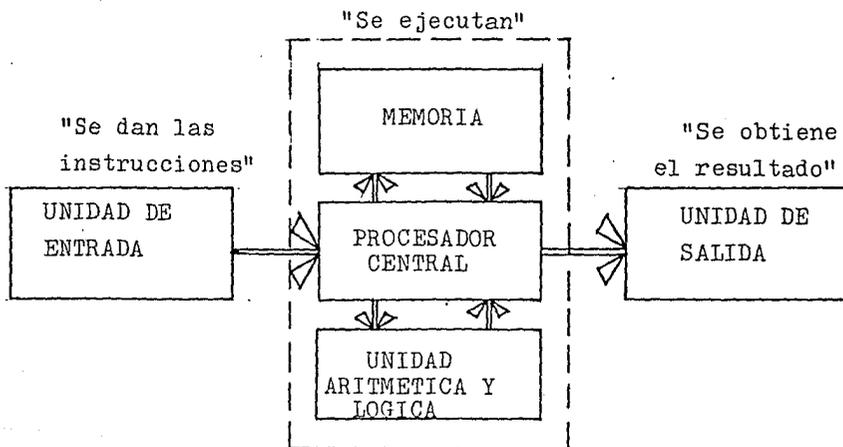
#### 1.1. ESTRUCTURA BASICA

Una computadora es una máquina electrónica procesadora de datos, cuyas funciones generales principales son dos:

- i) En un veinte por ciento, aproximadamente, es un dispositivo de cálculo que realiza operaciones numéricas.
- ii) En un ochenta por ciento, aproximadamente, es un dispositivo que manipula información concerniente a diversas áreas, como Control, Comunicación, Reconocimiento de Patrones, Manejo de datos, etc.

El proceso de funcionamiento general es:

1. Registro de la información, ésto es: se dan las instrucciones.
2. Elaboración de la información mediante la ejecución de operaciones aritméticas y lógicas, ésto es: ejecuta las instrucciones.
3. Recuperación de la información para el usuario, ésto es: se obtienen los resultados.



Esquema de la Estructura Básica de la Computadora.

## 1.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA COMPUTADORA

Las características son:

Gran velocidad para manipular la información y resolver problemas aritméticos y lógicos.

Gran exactitud en la resolución de problemas.

Resuelve problemas que prácticamente son imposibles de solucionar sin su ayuda, o que tardarían demasiado tiempo en resolverse.

Consta de elementos de entrada de la información, un procesador central, dispositivos de almacenamiento o memoria y elementos de salida de la información procesada.

Una computadora sólo hace lo que el hombre haría si tuviera tiempo; no es inteligente, aunque sí se puede decir que presenta algunos tipos de formas de inteligencia, tales como: decisión y evaluación.

## 1.3. CLASIFICACION DE LAS COMPUTADORAS

La computadora se puede ver desde diferentes clasificaciones:

1.3.1. De acuerdo a los tipos de computadoras, es decir la forma como operan:

1.3.1.a. Analógicas.

1.3.1.b. Digitales.

1.3.2. De acuerdo a su estructura y funcionamiento:

1.3.2.a. Estructura Física.

1.3.2.b. Estructura Lógica.

1.3.3. De acuerdo a su tamaño, capacidad y velocidad:

1.3.3.a. Macrocomputadoras.

1.3.3.b. Minicomputadoras.

1.3.3.c. Microcomputadoras.(\*)

1.3.3.d. Computadoras de bolsillo.

1.3.3.e. Calculadoras programables.

(\*) Comercialmente llamadas "computadoras personales" o de "escritorio" ("desk-top").

### 1.3.1. Tipos de Computadoras de acuerdo a la forma como operan.

#### 1.3.1.a. Computadoras Analógicas:

"Son llamadas así por la forma en que representan los datos, estableciendo analogía entre situaciones físicas y situaciones matemáticas. Operan con datos en forma de variaciones continuas de cantidades físicas, tales como: presión, temperaturas, voltaje, revoluciones, corriente, etc.; tienen la ventaja de poder aceptar directamente datos de los instrumentos de medición sin necesidad de convertirlos a un tipo de símbolos o códigos, lo que permite procesar información a gran velocidad y tener un proceso continuo. No requieren dispositivos de almacenamiento." (1)

La computadora analógica opera midiendo cantidades; su uso está restringido a áreas científicas y no tiene desarrollos comerciales.

El enfoque analógico se basa en la división de la unidad en "n" partes. Así pues, los conjuntos de los números reales y el de los números racionales son analógicos, y con ellos ejecuta las operaciones.

#### 1.3.1.b. Computadoras Digitales:

El concepto se origina a partir del término "dígito" o "dedo" ya que la computadora digital esencialmente opera contando información que incluye números, letras y otros símbolos en forma codificada y representada por componentes electrónicos de dos estados "0" y "1", que conforman el Sistema Binario.

Toda información que se introduzca al computador deberá estar representada con caracteres binarios.

La computadora digital es la más popular y es la que conocemos en términos generales como "computadora"; es por lo tanto, la máquina sobre la que trataremos en esta tesis.

Como ya se anotó, es el sistema binario la base de operación de la computadora, así que a continuación siguen unas generalidades sobre dicho sistema:

(1) Mirafuentes: "Diseño Gráfico por Computadoras" pp.5.

**SISTEMA BINARIO:** si nos remitimos a los números que manejamos a diario, tenemos que: un número expresado en el Sistema Decimal se dice que está representado en base 10, la que está compuesta por el conjunto de dígitos:

Base 10 = 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 denominado: "Cuerda de dígitos del Sistema Decimal".

Ejemplo: el número 124 en base 10 se representa:  $124_{10}$  y está conformado por la posición de cada dígito así:

$$100 = 1 \times 10^2 = 1 \times 100 = 100$$

$$20 = 2 \times 10^1 = 2 \times 10 = 20$$

$$\underline{4} = 4 \times 10^0 = 4 \times 1 = \underline{4}$$

124

124

Por otro lado, un número que está expresado en el Sistema Binario se dice que está representado en base 2, la que está compuesta por el conjunto de dígitos:

Base 2 = 0,1 que es la "Cuerda de dígitos del Sistema Binario", y conforma los caracteres que "entiende" electrónicamente la máquina, y como tal se ha denominado: "Lenguaje de Máquina" al traducir todos los números decimales, las letras del alfabeto y los caracteres especiales (Comas, paréntesis, etc.), a codificación de Ceros y Unos.

Ejemplo:  $(111011)_2$  es un número expresado en el sistema binario, cuyo valor en el sistema decimal será:  
 $= (1 \times 2^5) + (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$   
 $= (1 \times 32) + (1 \times 16) + (1 \times 8) + (0) + (1 \times 2) + (1 \times 1)$   
 $= 32 + 16 + 8 + 2 + 1$   
 $= (59)_{10}$

En computación se usan otros sistemas numéricos, tales como:

Octal: base 8 = 0,1,2,3,4,5,6,7

Hexadecimal: base 16 = 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

Pero es el sistema binario el fundamental con que opera la computadora por ser el apropiado al tener dos posibles estados 0 y 1, que en los circuitos electrónicos se traducen en ausencia de determinada cantidad de corriente y presencia de ella, respectivamente.

### 1.3.2. Conformación General de la Computadora de acuerdo a su Estructura y funcionamiento.

La computadora está formada por dos grandes partes: la Estructura Física y la Estructura Lógica.

#### 1.3.2.a. Estructura Física:

Está conformada por el equipo o maquinaria de un sistema computacional. Son los equipos mecánicos, electromecánicos y electrónicos dirigidos a los procesos de:

1. Captación de Información.
2. Obtención de Resultados.
3. Realización de Operaciones Aritméticas y Lógicas.
4. Almacenamiento de la Información.

Todos ellos en conjunto reciben el nombre inglés de "Hardware", que aquí denominaremos: "Estructura Física".

Los dispositivos que permiten los procesos nombrados, son:

1. En la Captación de Información; y
2. En la Obtención de Resultados:

Los dispositivos que permiten introducir la información al computador y los que permiten la obtención de resultados del mismo, y que se conocen como "Unidades de Entrada" los primeros, y como "Unidades de Salida" los segundos, pueden ser entre otros:

##### a. Lectoras de Tarjetas (unidad de entrada):

Es una máquina que a través de sensores fotoeléctricos lee la información que se ha escrito en las tarjetas. Una tarjeta está conformada por un cartón organizado en 80 columnas y 12 renglones, en la que se escribe la información por medio de perforaciones que se le hacen en una máquina llamada "Perforadora de Tarjetas". Dichas perforaciones obedecen a un código preestablecido para cada número, letra o símbolo que se desee o requiera escribir; y ese código lo perfora la máquina al teclear en ella el carácter a escribir.

##### b. Lectora y Perforadora de Cinta de Papel:

Al igual que las tarjetas, consiste en perforar una cinta

de papel de acuerdo a un código de perforación, para almacenar información y luego transmitirla al computador.

c. Unidad de Cintas Magnéticas (u. de entrada/salida):

Trabaja en la misma forma que una grabadora casera de cinta y puede almacenar gran cantidad de información, bien sea para introducirla a la computadora o la que ya ha sido procesada. La cinta generalmente tiene 13 mm. de ancho y 730 mts. de larga. Se le considera como el medio más barato de almacenaje de información, sin embargo es más lento que otros, como los discos, debido a que si, por ejemplo, se está trabajando al comienzo de la cinta y se requiere una información que está al final de ella, tendría que esperarse al enrollamiento de la misma.

d. Unidad de Discos (u. de entrada/salida):

Conserva el mismo principio de almacenamiento de la cinta magnética, y es un disco metálico con un material magnético a ambos lados en el que se almacena información que puede ser escrita y/o leída por medio de unas cabezas escritoras y/o lectoras.

La información se escribe en "pistas" concéntricas y se localiza luego por ellas mismas y por el "sector" del disco. El sector es un arco de la pista.

Hay una cabeza lectora/escritora por pista; esto significa que es muy rápida la forma de localizar o escribir cualquier información.

Según su tamaño y dureza hay discos duros y blandos.

Los discos pueden ser fijos o removibles; en el disco fijo se guarda la información que siempre se requiere que esté presente en la computadora; en los removibles está la información que es usada temporalmente y que solo se requiere presente en la computadora cuando se va a usar precisamente esa información.

La organización de varios discos, generalmente cuatro, en una sola unidad, se conoce como "Pack". Es útil cuando la cantidad de información a almacenar sobrepasa la capacidad de un disco sencillo.

e. Impresoras (u. de salida):

- Impresora de Línea: permite obtener los resultados de un proceso por medio de un papel impreso. La impresión se hace de acuerdo a las instrucciones que se le hayan dado al computador, por medio del programa correspondiente.

Para la obtención de gráficas impresas inicialmente se usaron las impresoras de línea, principalmente en dibujos de ingeniería en los que se indicaban los resultados de cálculo o se ilustraban vigas estructurales.

- Impresoras Trazadoras: son impresoras que permiten la obtención de resultados gráficos. Hay dos tipos principales de trazadoras: Trazador de Tambor y Trazador de Base Lisa.

El trazador de tambor es una máquina desarrollada por L. Kilpatrick en 1960, en la cual un tambor rotatorio y un lápiz realizan los movimientos en las direcciones X y Y respectivamente. El papel gira sobre el tambor que puede rotar hacia adelante o hacia atrás y el lápiz puede moverse de derecha a izquierda; así, combinando los dos movimientos se producen dibujos a cualquier ángulo, aunque generalmente se limitan a 16 direcciones de líneas para optimizar su trabajo. Los dibujos pueden contener líneas de espesores diferentes mediante el cambio de plumas en el trazador. Debido a que los trazadores de tambor dibujan sobre rollos continuos de papel, el ancho máximo está determinado por el ancho del tambor y la longitud prácticamente es ilimitada. El trazado de líneas diagonales y de círculos se aproxima mediante secuencias de incrementos rectos cortos, esto los limita bastante en la producción de perspectivas.

El trazador de base lisa fué desarrollado simultáneamente por H.J. Gerber; trabaja mediante el movimiento del lápiz en direcciones X y Y sobre una base plana en donde está el papel en forma estática. La dimensión del dibujo que produce está determinada por la dimensión del

mismo trazador. También acepta cambio de plumas y ésto se puede hacer manualmente o automatizado a través del programa de dibujo. Se pueden trazar líneas rectas horizontales, verticales y diagonales; las líneas curvas se siguen aproximando por pequeños segmentos rectos.

-- Impresora Electroestática: en ella el dibujo se realiza imprimiendo pequeños puntos a distintos intervalos a lo largo de una hoja de papel; también produce resultados alfanuméricos y dibujos a medios tonos.

f. Terminales Alfanuméricas Interactivas (u. de e/s):

-- Teletipos: producen copias en papel de los registros de entrada y salida. Se usan para introducir, modificar y dar de baja programas; editar archivos y conducir diálogos interactivos.

-- Terminal de Pantalla: es una unidad que permite tanto introducir como sacar información de la computadora. La información se despliega en la pantalla en forma análoga a un televisor, trabajando por medio de rayos catódicos. La información puede consistir en letras, números y símbolos.

g. Terminales Graficadoras Interactivas (u. de e/s.):

Son terminales de pantalla y el objetivo es la fácil manipulación de dibujos a través de ellas; las hay de tres tipos principales:

-- Del tipo "Refrescamiento": es similar a un televisor más un teclado y su nombre lo debe al hecho de que la información gráfica que despliega debe redibujarse entre 16 y 30 veces por segundo para evitar la intermitencia; la cara de la pantalla es una superficie revestida de fósforo que emite luz al ser tocada por un rayo electrónico, y debido al uso de baja persistencia fosfórica el dibujo debe refrescarse constantemente con el rayo electrónico, manejado por los datos almacenados en la memoria. Esta pantalla es limitada en cuanto a la complejidad del dibujo, porque la lista de instrucciones está guardada en la memoria principal de la máquina,

siendo ella muy limitada, y también debido al refrescamiento mismo. La gran característica de ser interactiva ofrece la ventaja de remoción de dibujos o partes de ellos; la traslación de dibujos a través de la pantalla; la rotación; la amplificación de los mismos; etc.

- Del tipo "Almacenamiento": son pantallas que tienen una alta persistencia fosfórica en el tubo de rayos catódicos y ésto origina el que una vez que se ha dibujado una línea en la pantalla, permanece allí sin requerirse el refrescamiento, generando con ésto la ventaja de desplegar dibujos muy complejos sin intermitencia. Sin embargo, no permite el borrado de partes de un dibujo y para hacer modificaciones debe borrarse todo el contenido de la pantalla y redibujarlo con la modificación. El borrado de la pantalla produce un resplandor verde desagradable y el redibujo puede demorarse unos minutos.
- Pantallas Combinadas: la fábrica Tektronix desarrolló en 1976 una pantalla que combina los sistemas de refrescamiento y de almacenamiento, en la que las líneas pueden dibujarse y retenerse como en las pantallas de almacenamiento y también es posible dibujar líneas que son visibles, pero con tan baja intensidad que no son retenidas; ésto permite el movimiento de partes del dibujo, mientras el resto forma un fondo.

Hay otros tipos de pantallas, usando rayos laser y otros medios, más no tienen aplicaciones en arquitectura. Además de las pantallas existen los dispositivos interactivos para comunicar los datos y las gráficas a la computadora, ellos son los dispositivos de selección y posicionamiento que permiten al usuario indicar un punto particular desplegado en la pantalla, por ejemplo para borrar una línea e indicar que sea esa precisamente; para dibujar una línea indicando los dos puntos de unión; para reposicionar un elemento llevándolo a través de la pantalla; etc.

#### h. Dispositivos de Selección y Posicionamiento:

- Fotopluma: es un tubo que señala a la computadora cuan-

do se coloca sobre una línea en la pantalla; incorpora luz a través de una fotocelda que al tocar la porción de la pantalla hace que se refresque esa porción del desplegado, por lo que solo trabaja en pantallas de refrescamiento. Se usa para señalar puntos sobre líneas en la pantalla.

- Pequeño Digitalizador: es una tableta rectangular cuyas posiciones corresponden a las posiciones de la pantalla y en la que se señalan los puntos de interés por medio de un lápiz especial; desde la tableta se digitan los puntos o líneas hacia la pantalla en la que aparece un cursor manejado por el digitalizador.
- Palanca de Mando: permite al usuario mover un pequeño cursor o ejes X,Y sobre la superficie de la pantalla, para señalar puntos; y es una pequeña palanca que puede moverse libremente en las dos dimensiones señaladas.
- Gran Digitalizador: permite la colocación o trazado de un dibujo grande. El usuario trabaja directamente sobre el digitalizador, trazando o seleccionando los puntos del dibujo existente para introducir sus coordenadas; ésto se hace con un esferográfico conectado al digitalizador y éste último a la pantalla.
- Vara Lincoln y Esferógrafo Doble: son dispositivos que permiten introducir representaciones tridimensionales.

### 3. En la realización de operaciones aritméticas y lógicas:

Este proceso lo realiza la "Unidad de operaciones aritméticas y lógicas", que es una de las partes fundamentales del Procesador Central de la computadora.

Dicha unidad, como su nombre lo indica, realiza todas las operaciones que son:

- Aritméticas (+, -, x, ÷)
- Lógicas (y, no, o, mayor que, si... vaya a..., etc.)

Esto lo hace a través de un gran número de circuitos integrados que están dispuestos de tal forma que cada operación o instrucción la ejecuta un circuito determinado. Estos circui-

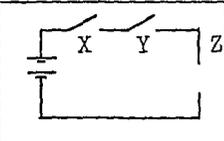
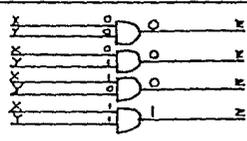
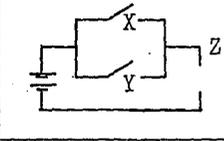
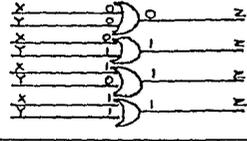
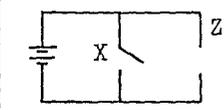
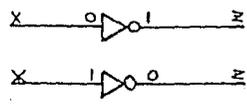
tos se hacen a partir de grandes tableros metálicos de 6x3 mts., en los que se imprime silicio; luego, mediante un lavado se elimina la parte metálica no impresa y así se obtienen los que se denominan "sumadores".

Un conjunto de sumadores conforma una compuerta lógica; una o varias compuertas lógicas se alojan en un "chip".

De acuerdo a la organización interna de la o las compuertas lógicas en un chip y de acuerdo a si las variables de entrada son 1 y/o 0, se obtendrá un resultado determinado 1 ó 0. Un resultado 1 denota existencia de determinada cantidad de corriente y un resultado 0 denota ausencia de tal cantidad de corriente y por lo tanto se denominan "Estados Físicos".

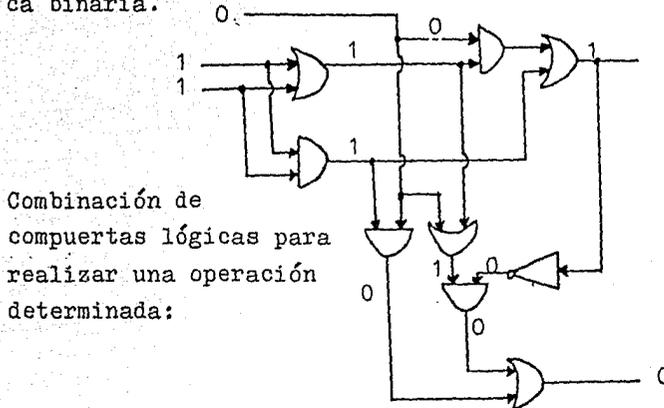
El manejo de los Estados Físicos se rige por el álgebra de Boole; y su aplicación directa en circuitos electrónicos es la que reglamenta la construcción lógica de los chips.

Para cada operación aritmética y/o lógica existe un chip que contiene las compuertas lógicas que permiten su realización. Las compuertas lógicas básicas son : AND, OR, NOT que realizan las operaciones básicas: and, or y not.

Operación Básica	Diagrama de Circuitos	Tabla de Verdad	Representación de las compuertas lógicas															
AND		<table border="1" data-bbox="599 964 723 1105"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	Z	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
X	Y	Z																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		<table border="1" data-bbox="599 1121 723 1262"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	Z	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
X	Y	Z																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
NOT		<table border="1" data-bbox="599 1277 723 1387"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X	Z	0	1	1	0										
X	Z																	
0	1																	
1	0																	

Descripción gráfica de las operaciones lógicas básicas.

La combinación de las compuertas lógicas, usando la salida de una como una de las entradas de otra, y empleando muchas compuertas organizadas en diferentes secuencias puede llegar a conformar circuitos de gran complejidad que ejecutan aritmética binaria.



#### 4. En el Almacenamiento de la Información:

En una computadora, se encuentra dentro del procesador central la Unidad de Memoria principal, cuya función es retener información para uso posterior.

Como ya se vió, en la definición de "Computadoras Digitales", es el sistema binario = 0,1 , el conjunto de caracteres que entiende electrónicamente la computadora; así pues, la información que guarda en la memoria está compuesta por dígitos binarios que se denominan bits (del inglés: "binary digits").

Un bit, 1 ó 0, es la mínima unidad de almacenamiento en una computadora.

La memoria está formada por circuitos integrados denominados "banderas" que pueden representar únicamente los dos estados físicos que corresponden al 0 y 1 binarios y en las que se almacena un bit de información.

Los bits de una memoria están organizados en conjuntos de "X" bits, cuya variación está de acuerdo al tamaño de la computadora. Estos conjuntos se denominan: "Palabra de la computadora" y el número de bits que contiene se llama: "Longitud de la palabra". Así, se puede decir que las memorias están forma

das por palabra cuya longitud es de: 8 bits, 16 bits, 32 bits, 48 bits, etc., dependiendo de cada computadora en particular.

Cada palabra es, en principio, una localidad de la memoria en la que se almacena un dato, y su longitud determina la capacidad de almacenamiento de cantidades. Es a la palabra a lo que tiene acceso el programador de la computadora, y por lo tanto se dice que es direccionable, es decir, que cada elemento de información se almacena y se localiza en una celda determinada de la memoria, y esta celda tiene una "dirección" que permite identificarla.

A medida que va siendo mayor la longitud de la palabra, caben en ella un mayor número de caracteres, así que para no desperdiciar una palabra escribiendo en ella un nombre o cualquier caracter alfabético, o valor numérico que ocupe solo unos cuantos bits de ella (requiriéndose también en tal caso, un mayor número de palabras), se ha dividido la palabra en grupos de, generalmente, 8 bits que reciben el nombre de "Byte" cada uno.

El Byte (8 bits) se ha tomado como la medida que expresa la cantidad de memoria que tiene la computadora y en él se representa cada caracter o valor numérico por medio de unos y ceros a lo largo de los 8 bits que lo componen.

Existen varios códigos que representan cada caracter y valor numérico con unos y ceros, de formas diferentes, dependiendo de si el Byte está formado por 4,6,7 u 8 bits.

El Byte más utilizado es el de 8 bits, pues por un lado es un número que subdivide exactamente las palabras de 8, 16, 32 y 48 bits, conformando en cada una de ellas: 1,2,4 y 6 Bytes respectivamente; por otro lado, 8 es un número que mediante la combinación de unos y ceros permite la representación de  $2^8 = 256$  caracteres, los que son suficientes para representar los números del 0 al 9, las letras del alfabeto, los caracteres especiales (+, x, #, &, \$, %, ( ), etc.), y cualquier otro símbolo. El código que maneja los Bytes de 8 bits es el "EBCDIC" ("Expanded Binary Coded Decimal Interchanged Coded").

La Memoria Principal se denomina así porque físicamente solo puede almacenar cierta cantidad de información medible en Bytes; por lo tanto, existen otros dispositivos denominados "de almacenamiento masivo" que conforman la "Memoria Virtual" de la computadora. Dichos dispositivos son los discos, cintas y "packs" que ya se describieron como unidades de entrada/salida en "Captación de Información" y "Obtención de Resultados". Resumiendo y complementando, las unidades de medición de la capacidad de memoria de una computadora son:

1 bit: Unidad mínima de información.

1 Byte: 8 bits (otros: 4,6,7 bits).

1 Palabra: Conjunto de 8,16,32 ó 48 Bytes; dependiendo del tamaño de la computadora.

KByte:  $2^{10}$  Bytes = 1024 Bytes. Es la unidad empleada para medir la capacidad de memoria de la computadora. Ej.: la Burroughs 6-700 de la UNAM tiene 1024 K de memoria; égto significa que tiene  $1024 \times 1024 = 1048576$  Bytes, de 8 bits cada uno.

#### 1.3.2.b. Estructura Lógica:

Hasta aquí se ha dicho que la computadora manipula información, la que internamente está representada por ceros y unos; ahora bien, se debe ver en que consiste dicha información. En términos generales la información que procesa una computadora se divide en:

1. Instrucciones para que realice una tarea determinada. Esto se conoce con el nombre de Programación.
2. Datos, con los que debe llevar a cabo las instrucciones antes ordenadas.

Esta parte de una instalación computacional se conoce como "estructura Lógica" o "Software". La Estructura Lógica de una computadora está formada por los programas, o conjuntos de instrucciones, que están escritos en un lenguaje apropiado a la Estructura Física ("Hardware"), de la computadora.

La Programación dentro de una computadora se divide en:

a. Sistema Operativo: se puede definir como el programa o progra

mas que controlan y supervisan la actividad de la computadora logrando que la operación total de la misma sea eficiente. Reside, parte en la memoria principal y parte en algún dispositivo de almacenamiento masivo, generalmente en disco.

El Sistema Operativo es un programa que trae cada computadora desde la fábrica; y tiene, entre otras, las siguientes funciones:

- Asigna recursos de tiempo y memoria para los usuarios, permitiendo así que trabajen en la computadora varias persoal mismo tiempo.
  - Identifica a los usuarios mediante una clave.
  - Lleva estadísticas de los procesos realizados.
  - Distingue internamente las unidades de entrada y salida, manejando el concepto de memoria virtual; concepto que como ya se vió, agranda la memoria real.
  - Reconoce el orden establecido dentro de un programa por medio de Tarjetas de Control o Instrucciones de Control; gracias a las cuales identifica el inicio del programa, el lenguaje utilizado, el nombre del programa y el del usuario, el final de las instrucciones, el comienzo de los datos y el final tanto de los datos, como del programa.
- b. Subprogramas Intrínsecos: son pequeños programas que, tal como su nombre lo indica, vienen intrínsecos en la computadora; pués son valores fijos que un usuario pudiera requerir al efectuar cálculos, tales como: logaritmos, elevaciones a potencias "n", raíces cuadradas, funciones trigonométricas, etc. Para utilizarlos basta con llamarlos sin que se requiera efectuar su programación.
- c. Lenguajes de Alto Nivel, Programas y Compiladores: hasta hace algunos años quien quería comunicarse con la computadora debía aprender el lenguaje codificado en unos y ceros que ella entiende electrónicamente y que se denomina Lenguaje de Máquina. Actualmente se usan otros lenguajes llamados de Alto Nivel y que son generalmente un conjunto de instrucciones en inglés, con las que una persona llamada "Programador" realiza un programa de cómputo, que no es otra cosa sino el organizar

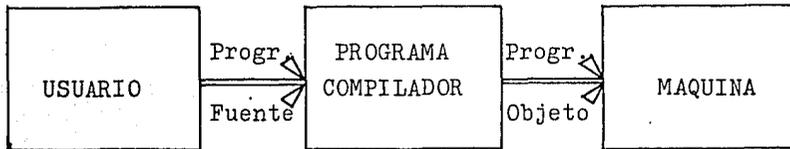
tales instrucciones con el fin de poder resolver un problema determinado.

Los lenguajes más conocidos y usados son:

- Basic (del inglés: "Beginner's All-purpose Symbolic Instruction-Code; año: 1965). Es un lenguaje sencillo, orientado a la realización de operaciones aritméticas y utilización de funciones y rutinas matemáticas en una gran variedad de aplicaciones en problemas generales. Por su simplicidad es muy fácil de aprender y es muy usado actualmente.
- Fortran (del inglés: "Fórmula Translator"; año: 1954). Lenguaje orientado a la resolución de problemas científicos que involucren un gran número de cálculos y operaciones lógicas. Por medio del uso de rutinas matemáticas se obtienen resultados con una mayor precisión que en otros lenguajes. Permite manejar números complejos y funciones.
- Algol (del inglés: "Algorithmic Language"; año: 1957). Lenguaje orientado a problemas algorítmicos, o sea aquellos que incluyen un conjunto de reglas que determinan la secuencia de las operaciones a seguir para resolverlos; tales reglas deben ser: finitas, definidas con exactitud, tener un elemento de entrada, tener un elemento de salida o resultado y ser efectivas.
- Cobol (del inglés: "Common Business Oriented Language"; año: 1959). Lenguaje orientado a problemas administrativos y comerciales; facilita la creación de bancos de información y sistemas de control comerciales y administrativos.
- Pascal (año: 1970). Lenguaje orientado a la resolución de problemas algorítmicos.
- PL/1 (del inglés: "Programming Language 1"; año: 1960). Es un lenguaje que se creó con la intención de poder programar cualquier clase de aplicación con él; combina las características de otros lenguajes.
- Otros: APL, LISP, SNOBOL, JOSS, etc.

Utilizando uno de estos lenguajes, de acuerdo al tipo de máquina que se use y al problema por resolver, el usuario o programador elabora las instrucciones que ha de seguir la compu-

tadora. Estas instrucciones una vez ordenadas conforman el "Programa Fuente". Ahora bién, para que la computadora entienda dichas instrucciones se requiere traducirlas a Lenguaje de Máquina (unos y ceros); para ello existe en la memoria principal un "Programa Compilador", que es el traductor, pues genera un programa en Lenguaje de Máquina correspondiente al Programa Fuente escrito en un lenguaje de alto nivel. El programa traducido se conoce como "Programa Objeto";



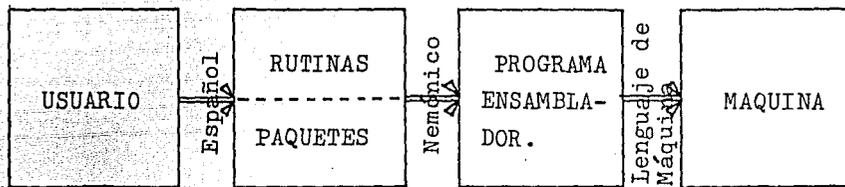
El Programa Fuente y el Programa Objeto son el mismo programa pero en etapas diferentes de desarrollo.

- d. Rutinas de Utilería, Paquetes de Biblioteca y Ensambladores: en el trabajo diario de un sistema computacional hay labores que se repiten una y otra vez; para evitar el estar elaborando cada vez las instrucciones que permiten la realización de tales labores, se hacen unos programas cortos denominados "Rutinas de Utilería"; existen rutinas que ya vienen incorporadas desde el fabricante de la máquina (ej.: rutinas para la resolución de ecuaciones simultáneas), y es posible también que el propio usuario elabore rutinas que le ayuden en su trabajo.

Cuando las rutinas ya no son solamente una ayuda para la resolución de un problema, sino que en su totalidad ellas constituyen la fórmula o secuencia para la completa resolución del problema, se denominan "Paquetes de Biblioteca" o más comúnmente "Paquetes", y a veces llegan a ser tan grandes que casi constituyen un lenguaje; algunos especialistas en computación los denominan "Lenguajes especializados". Algunos conocidos son: SIMULA y DYNAMO, para la simulación de procesos; STRESS, para análisis estructural; SPSS y BASIS, son paquetes de rutinas estadísticas; TEMPO, para problemas de investigación de

operaciones y programación matemática; SYMAP, para hacer mapas; IMGRID, paquete de modelos para la planeación urbana y regional; etc.

Tanto las rutinas, como los paquetes están escritos en un lenguaje parecido al de alto nivel, pero más cercano al Lenguaje de Máquina; se usan nemónicos, tales como: MLT: multiplica; DIV: divide; SUB: substraiga; etc. Estos nemónicos deben traducirse también a Lenguaje de Máquina (código binario). La traducción está a cargo de un programa que está en memoria, llamado "Ensamblador", puesto que "ensambla" en la memoria la traducción que hace del paquete original;



### 1.3.3. Clasificación de las Computadoras de acuerdo a su tamaño, capacidad y velocidad.

#### 1.3.3.a. Macrocomputadora:

Es la computadora de mayor tamaño; se considera macrocomputadora o maxicomputadora a la máquina que posee hasta 8000 KBytes de memoria central y con palabras de hasta 48 bits, en los que almacena cuatro caracteres de información. La velocidad de procesamiento es superior a 4 millones de instrucciones por segundo. Entre sus principales características se destaca la de interconexión con otros computadores, formando así redes extensas de ellos.

#### 1.3.3.b. Minicomputadoras:

La alta tecnología permitió la reducción de los componentes de la computadora y el aumento del poder de almacenamiento; así

se desarrollaron pequeñas computadoras que pueden trabajar en muchas aplicaciones; se han denominado "minicomputadoras" y en general tienen la misma organización interna de las grandes máquinas, así por ejemplo la Unidad Central está construída a partir de circuitos integrados, pero con restricciones de velocidad y otras facilidades.

La memoria es menor, hasta 1 KByte. Puede tener varios procesadores que realizan hasta 4 millones de instrucciones por segundo. La palabra es de 16 bits. Admite la conexión de equipos periféricos y ejecuta multiprogramación.

#### 1.3.3.c. Microcomputadoras o Computadoras Personales:

Es una computadora cuya unidad central está construída alrededor de un circuito microprocesador en un solo compartimiento, en torno al cual están los dispositivos de comunicación tanto de entrada, como de salida de la información.

La memoria no es superior a 1/2 KByte y la velocidad del procesador no es superior a 2 millones de instrucciones por segundo. Solo admite monoprogramación y la palabra es de 8 bits.

Se le ha llamado "personal" por sus características compactas y de uso individual.

#### 1.3.3.d. Computadoras de Bolsillo:

Al construirse más y más elementos de circuitos en una sola diminuta pieza de silicón, se han elaborado cada vez computadoras más pequeñas, que si bien son muy limitadas en memoria y velocidad, sirven en aplicaciones sencillas, con la utilización de un lenguaje de alto nivel, Basic casi siempre.

Realizan hasta mil operaciones por segundo y tiene hasta 300 localidades de memoria. Admiten la conexión de cintas de "casette" para almacenamiento de programas.

#### 1.3.3.e. Calculadoras Programables:

Permiten el procesamiento de operaciones matemáticas y en función de ellas se programan y no con lenguajes de alto nivel. Solo almacenan hasta 100 números y son útiles en tareas sencillas.

## CAPITULO 2

### LA LABOR DEL ARQUITECTO Y EL APOYO QUE PUEDE OFRECERLE LA COMPUTADORA.

#### 2.1. INTRODUCCION

El tema de las aplicaciones de la computación en las labores cotidianas de la Arquitectura, o si se quiere ver como el de la resolución de los problemas inherentes al desempeño de la Arquitectura a través de la computadora, ha venido siendo un tema de gran interés por parte de los arquitectos, por un lado; y por otro, centro de gran expectativa casi siempre por el desconocimiento general que hay alrededor del mismo.

La presente tesis pretende ubicar el sitio actual de la computadora en el trabajo del arquitecto, desmitificando la creencia de buena parte de profesionales del área acerca de la pérdida de la creatividad humana al auxiliarse de una computadora, y que en general son quienes desconocen los principios y funciones de la misma. Por otra parte, se busca darle al computador su verdadero sitio y magnitud para quienes, por el contrario con los anteriores, se han entusiasmado tanto con dicha máquina que pretenden usarla sin una justificación muy clara en todas las áreas arquitectónicas. Y finalmente dar a conocer, las capacidades y apoyos que en una computadora encontrará un arquitecto en su trabajo, en el supuesto caso que no haya tenido oportunidad de conocerlas.

La computadora es ante todo una herramienta de aplicación variada. Como toda herramienta puede usarse bien o mal; un buen uso de cualquier herramienta en general es aquel que proporciona un resultado esperado y que sin ella no hubiese sido posible obtenerlo, o quizás hubiese sido muy difícilmente obtenido en términos de tiempo, costo, esfuerzo, etc. Con la computadora sucede lo mismo, puede usarse bien o mal; se usa bien cuando quien al encontrarse con un problema complejo comprende que su resolución le demandaría tal cantidad de esfuerzos que al final se considerarían desperdiciados si hubiese sido posible haberlo resuelto a través de la computadora y no lo hubiese hecho así, y ante este

razonamiento plantea el problema a la máquina en los términos que ella maneja para así obtener un resultado más rápido y seguro. Se usa mal una computadora en muchas ocasiones, por ejemplo, cuando el problema que se resuelve es más fácilmente soluble por otros medios; cuando por el contrario se desperdician ciertas capacidades propias de la máquina y se acude a otros medios menos eficaces para resolver determinados aspectos del problema; etc. Pero de entre los malos usos, uno destacado y por desgracia muy común es el de pretender usar la computadora por el solo hecho de usarla y entonces se cae en la búsqueda de problemas para planteárselos a la máquina. Esto, a nivel investigativo es válido como proceso de búsqueda de avances de la ciencia, pero en el nivel de aplicación la herramienta-computadora tiene hasta el presente una muy variada gama de funciones que por muy complicadas que llegasen a ser, de todas formas serían funciones que el hombre podría asumir si tuviera el tiempo requerido para ello; en cambio lo inverso no es válido, es decir la computadora no podría asumir todas las funciones humanas. Visto desde este ángulo, se hace mal uso de la computadora cuando ante un problema a resolver se antepone el deseo de utilizarla sin que se esté seguro de comprender la magnitud y complejidad del problema. "Este esfuerzo para enfocar un problema de tal manera que un computador pueda resolverlo, deforma nuestra visión del problema. Nos permite considerar únicamente aquellos aspectos del problema que pueden ser codificados y en la mayoría de los casos éstos son los más banales y los menos significativos." (1)

Hay en general una mística alrededor de la computadora que ha generado comentarios fantasiosos acerca de sus funciones y capacidades. Se pueden observar claramente las siguientes actitudes o posturas de los profesionales de la arquitectura ante la computadora:

-- Expectativa: se da con el arquitecto que nunca ha conocido las funciones de una máquina computadora y quien desea saber

(1) Ch. Alexander, "La Estructura del Medio Ambiente" pp. 11.

las posibilidades que ella tendría en la resolución de las labores arquitectónicas.

-- Rechazo: se presenta esta actitud entre quienes ven en la computadora una amenaza a su futuro y creen que la máquina los reemplazará en la labor de diseño.

También adopta una actitud de rechazo quien se siente degradado al trabajar junto a la máquina.

Estas actitudes se dan por lo general también por un desconocimiento de lo que hace y puede hacer la máquina, de lo que hace y puede hacer el hombre y de lo que pueden hacer juntos.

-- Abuso o Mal Uso: aunque hay muchas formas de usar mal una computadora, enfatizamos la ya señalada: el deseo de procesar un problema por computadora sin haber comprendido la magnitud del mismo. Es tratar de ser "computólogo" antes que arquitecto y obtener un resultado arquitectónico satisfactorio en aras de una pretendida autoridad dada por la computadora.

-- Buen Uso: se usa bien la computadora al utilizarla como herramienta indispensable en el logro de una solución a un problema, cuando tal solución no se logra con mayor eficiencia por otros medios diferentes.

## 2.2. LOS PROBLEMAS INHERENTES A LA ARQUITECTURA

Con los grandes adelantos logrados en materia de sistemas computarizados se han ido estudiando e instrumentando sus diversas aplicaciones en todos los campos del quehacer humano. En el campo concerniente a la arquitectura se han diseñado sistemas de cómputo que proporcionan una ayuda en la resolución de ciertas tareas, sin embargo la búsqueda de aplicaciones de la computadora en labores arquitectónicas debe ser un trabajo de laboratorio e investigación concerniente a los profesionales de las ciencias de la computación, aunque por supuesto basados en las experiencias arquitectónicas; idealmente debe ser un trabajo de equipo de ambas profesiones.

La práctica profesional del arquitecto debe girar su ángulo de visión ciento ochenta grados respecto de quien busca aplicaciones. Es decir, el arquitecto debe dejar de ver a la arquitec-

tura desde la postura del profesional en computación, para definirse como arquitecto y desde ahí ver a la computación. El arquitecto debe esperar a encontrarse con un problema que por su complejidad, repetitividad, etc., sea más fácilmente resuelto con ayuda de la máquina computadora que por medios manuales; porque si el profesional practicante asume la posición del investigador termina por acomodar los problemas encontrados, de tal forma que la computadora pueda resolverlos, cayendo en la situación de volver codificables los problemas a como dé lugar, pasando por alto los aspectos que no podrían codificarse. Y al final obtener una solución aparente alejada de una mejor solución que hubiese tenido en cuenta todos los factores: codificables y no codificables.

### 2.3. LOS PROBLEMAS CODIFICABLES Y BIEN ESTRUCTURADOS

Ahora, cómo conocer cuáles problemas son por entero codificables o cuáles en parte o en su totalidad no son codificables, es en sí mismo un problema complejo.

La definición matemática de problema puede ayudar a esclarecer esta situación: "Proposición dirigida a averiguar el modo de obtener un resultado, conociendo ciertos datos". El modo de obtención del resultado es el vehículo que proporciona la solución del problema; es el mecanismo que basado en la lógica o en la matemática da una respuesta al problema. El modo involucra el concepto de Algoritmo (nombre proveniente de Al-Kuuarizmi, matemático del siglo IX), o sea la "secuencia lineal de operaciones para obtener un resultado de un problema dado". El resultado puede ser tanto la solución del problema, como el establecimiento de que dicho problema no tiene solución, si es el caso. Los datos son las cantidades o agentes en que se basa el "modo" (algoritmo), para dar el resultado específico a cada problema, al procesarlos de acuerdo al mecanismo lógico o matemático.

Así pues, un problema que bajo un análisis de este tipo contenga un resultado, un modo lógico o matemático para obtenerlo y unos datos que se procesan, es un problema algorítmico y por lo tanto codificable y será problema potencialmente apto para ser resuelto por la computadora. Pero esto no es todo, pues debe ha-

ber otras consideraciones como la amplitud, relevancia, complejidad, repetitividad y otras características que debe tener un problema que aproveche al máximo las capacidades de la máquina.

Por otro lado, los problemas a solucionar deben ser "bien estructurados", es decir que permitan identificar la solución mediante una prueba. Así pues, si se obtienen varios resultados, solo será solución aquel resultado o resultados que cumplan un requerimiento dado.

Cabría aquí entonces preguntar: ¿qué problemas codificables y bien estructurados se encuentra el arquitecto en el desempeño de su tarea, y de tal complejidad que la ayuda de una computadora sería una opción válida y quizás necesaria?

Antes de llegar a una respuesta sería conveniente ver de una forma muy general lo que se ha hecho respecto a la solución de problemas arquitectónicos por medio de las computadoras.

#### 2.4. ANTECEDENTES EN EL USO DE LA COMPUTADORA EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS ARQUITECTONICOS

1950: Década en que se introdujo la computadora comercialmente en aplicaciones tales como cálculos científicos y producción de listas de pago.

1963: Ivan Shuterland del MIT, realizó un sistema que llamó: "SKETCHPAD". El equipo consistía en una pantalla conectada a una computadora, un teclado y un lápiz especial llamado fotopluma. Se usó principalmente para diseños de ingeniería, manipulando los dibujos desplegados en la pantalla, en la que podía dibujar arcos, círculos, líneas rectas, etc.; todos los elementos gráficos se podían almacenar y luego mediante una orden repetirse cuantas veces fuese necesario.

1964: La IBM produjo un sistema que denominó DAC-1 "Diseño Aumentado por Computadora", cuyo uso principal fué para el diseño de automóviles. La característica principal era su interactividad.

1966: Christopher Alexander dió a conocer su libro "Ensayo sobre la síntesis de la forma" en el que describe un método cuan

titativo y sistemático de diseño arquitectónico. (Cuantificando lo cuantificable del diseño). Este método lo programó en una máquina computadora IBM 7090.

1966: William Newman, del Colegio Imperial de Londres, desarrolló un sistema similar al Sketchpad pero dirigido hacia aplicaciones arquitectónicas.

El proceso consistía en almacenar en la computadora elementos constructivos predefinidos (muros, ventanas, puertas, entresijos, etc.), que el usuario seleccionaba y ensamblaba para finalmente obtener un plano. Automáticamente se obtenían las áreas de los espacios, un listado de los elementos predefinidos usados, los cálculos de pérdidas de calor de la estructura y los niveles de iluminación natural y artificial.

1970: Nicholas Negroponte del MIT produjo un sistema integrado que llamó URBAN-5. Utilizando una pantalla graficadora, un teclado y una fotopluma, colocaba en la primera los elementos predefinidos que estaban en un menú (de elementos predefinidos), hasta lograr el diseño deseado. Al estar terminado se almacenaba; se podían producir evaluaciones automáticas de tipo estructural, de desempeño ambiental, etc. Era interactivo; más tarde se le aumentó la capacidad de reconocer algunos trazos de esquemas hechos a mano por el arquitecto y a partir de ellos realizar un dibujo correcto.

1970 EN ADELANTE: Se desarrollaron muchos otros sistemas, algunos muy conocidos como OXSYS, CEDAR, HARNESS, CARBS, etc.; casi todos se especializaron en un solo tipo de edificios como hospitales, escuelas, oficinas postales, etc.

Con ellos y con muchos otros se hicieron intentos por optimizar el diseño arquitectónico en términos de eficiencia en circulación, pérdida y ganancia de calor y costo, con la obtención de todo tipo de documentación.

Sin embargo muy pronto decayó el ánimo en la aplicación de la computadora en arquitectura, por varias razones: el arquitecto se dió cuenta que al usar la computadora se requería mucho esfuerzo en la consecución de datos que quizás

no estaban a su alcance (diseño de vigas, pérdidas de calor, etc.), y que al motivo central de la arquitectura, es decir, al diseño arquitectónico no se llegaba; ante esto, los costos de los equipos no incentivaron a los arquitectos a adquirir una máquina que empezó a ser de dudosa aplicación.

#### ACTUALMENTE:

Por un lado, han disminuído los costos de las computadoras a niveles tales que muchas oficinas de tamaño medio, incluida la del arquitecto, podrían adquirir una minicomputadora o rentar su uso. Por otro lado, el poder de dichas máquinas ha aumentado.

Los arquitectos continúan esperando noticias sobre los apoyos que la máquina podría ofrecerles en la actualidad; continúan también las investigaciones para tratar de lograr más aplicaciones.

Mientras tanto cada día más despachos de arquitectura se "aventuran" bien sea adquiriendo una máquina o rentándola para dirigirla hacia la resolución de problemas específicos (dibujos, perspectivas, listados, control de obras, contabilidades, etc.).

Queda sin embargo en el aire el diseño arquitectónico como parte fundamental en la arquitectura; podrá o no resolverse por computadora?

#### 2.5. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO ARQUITECTONICO COMO PROBLEMA Y SU POSIBLE RESOLUCION POR MEDIO DE COMPUTADORAS

Aunque el oficio del arquitecto se ha extendido a todos los campos del urbanismo y la construcción, es el diseño arquitectónico la base de la que se desprenden todas las demás ocupaciones y es en esencia el verdadero oficio del arquitecto; los demás están destinados a realizar dicho diseño.

Así pues, debemos considerar en esta tésis la posibilidad de realización del diseño arquitectónico a través de las computadoras, como un tema importante dentro de ella.

Ya se vió como luego del auge en la búsqueda de aplicaciones

de la computadora al diseño arquitectónico y a la arquitectura en general, decayó muy pronto ese entusiasmo al encontrarse que dicha máquina no representaba la revolución en el diseño; algunos autores acreditan este hecho a la falta de estructura física ("hardware"), adecuada para resolver los problemas de diseño (2); mientras otros consideran que es el proceso de diseño mismo el que no permite su procesamiento por computadoras (3).

El proceso de diseño "o sea el proceso de invención de cosas físicas que exhiben un nuevo orden físico, una organización y una forma nuevas, en respuesta a la función" (4), es un proceso que han tratado de conocer en su totalidad todos los diseñadores en general; muchos teóricos dedicados a esta investigación han profundizado en él obteniéndose consecuentemente varias teorías, que podemos clasificar en la siguiente forma general:

#### 2.5.1. Procesos de Diseño.

En un marco general podemos observar dos actitudes en el proceso de diseño:

##### 2.5.1.a. Proceso Inconsciente:

Se produce cuando se crean objetos sin que nadie los haya diseñado específicamente.

Christopher Jones lo denomina como una "evolución natural" en la que los objetos se diseñan poco a poco como producto del mismo uso.

Christopher Alexander lo ve como el "ajuste gradual de una forma a su función o contexto".

El proceso inconsciente de diseño se asocia con el Diseño Pragmático, que se basa en un continuo proceso de ensayo y error.

(2) Gero S., John: "Computer Applications in Architecture"  
pp. 252-253.

(3) Ch. Alexander: "La Estructura del Medio Ambiente" pp. 14-15.

(4) Ch. Alexander: "Ensayo sobre la síntesis de la forma"  
pp. 9.

### 2.5.1.b. Proceso Consciente:

Se realiza cuando el diseñador se dedica a la creación de objetos para un fin determinado; puede darse a varios niveles:

#### 1. Procedimientos Generativos:

Basados en que las soluciones a los problemas de diseño se obtienen mediante el estudio de problemas similares ya resueltos, de los que se toman las partes esenciales constituyentes (de la solución), se listan las alternativas de cada parte y se toman combinaciones diferentes de esas alternativas, que vienen a ser soluciones potenciales del problema nuevo. Como es éste un método de búsqueda de soluciones se conoce como método Heurístico, definido como un método de tanteo en el que cada intento de solución se calibra y se ensayan soluciones mejores del mismo hasta que se alcanza una solución aceptable dentro de unos límites previamente definidos.

Los procedimientos generativos de diseño pueden darse:

a. Por Analogía, cuando se diseñan formas basadas en formas naturales.

Al representarse el objeto gráficamente o mediante un modelo tridimensional se hace una analogía "icónica".

Se relaciona íntimamente con una actitud empírica del diseño que tiende más a estimular y deleitar los sentidos de los usuarios.

b. Por Cánones, cuando se diseña por medio de medidas y proporciones y se utiliza un dibujo o un símbolo para representar al objeto.

Se relaciona íntimamente con la actitud racionalista del diseño que tiende a crear una arquitectura completa y autoconsciente como sistema, generalmente en términos canónicos; se usan las nuevas matemáticas, tales como: grafos, árboles, circuitos, topología, etc.

#### 2. Procedimientos Analíticos:

Pretenden deducir las soluciones aceptables de un problema, directamente, y sin una exploración de ensayo y error.

La técnica analítica más simple es el análisis no dinámico, el cual consiste esencialmente en evaluar las fórmulas y ve-

rificar las reglas relativas a las situaciones fijas (ej.: costos de construcción, instalaciones eléctricas, calefacción, acústica, etc.)

Una técnica más poderosa es el análisis dinámico o simulación, mediante el cual se analizan las actividades en progreso o cambiantes (ej.: número de personas en un salón a varias horas del día).

Se usan técnicas de Investigación Operativa como la Programación Lineal, los Métodos de Transporte, los Análisis de Redes, las Teorías de Colas, los Modelos Aleatorios, etc.

Elliot y Cross (5), ubican al diseño inconsciente dentro de la sociedad preindustrial y al diseño consciente dentro de la sociedad industrial en la que se caracteriza el "diseño por dibujo" ya sea analógico o canónico. El diseño por dibujo reconoce la importancia y poder del dibujo a escala, como medio y método potencial en el proceso. Jones y Alexander consideran que el diseño por dibujo ya no es adecuado pues "lograr en unas horas sobre una mesa de dibujo lo que antes se hacía a través de modificaciones hechas por generaciones, es un esfuerzo que está por encima de la capacidad del diseñador promedio" (ídem 5).

Posteriormente dichos autores plantean la existencia de una sociedad posindustrial que tuviera su propio proceso posindustrial de diseño y que sería el "diseño de sistemas" (y no de unidades), en el que el diseñador crea innovaciones en los sistemas en lugar de limitarse a modificaciones del producto; sería un "pensar antes de dibujar" o "decidir lo que debería diseñarse" en un proceso abierto en el que participe la comunidad.

Han surgido muchas aproximaciones al proceso de diseño y sin embargo ninguna conclusión ha tomado el cuerpo general de profesionales dedicados al diseño, respecto a cuál descripción cumpliría todos los requerimientos involucrados en un proceso de diseño; y cada día surgen nuevos métodos de diseño que intentan aprovechar al máximo las nuevas técnicas; sin embargo aún no se ha

(5) Elliot/Cross: "Diseño, Tecnología y Participación" pp.93-115.

hallado la descripción satisfactoria del total de relaciones internas que ocurren en el diseñador al concebir una forma; pues si bien, muchas consideraciones, casi siempre de tipo matemático, pueden llevar al diseñador a definir ciertos aspectos de la forma, siempre quedan factores que únicamente la decisión personal puede llegar a definir; y aún, cuando se tratan de cuantificar esos factores resulta que al final la forma que va definiendo al diseño en cada etapa, se concibe, si bien muy justificada a veces, de todas maneras subjetivamente.

#### 2.5.2. Diseño Arquitectónico Auxiliado por Computadora.

Los intentos hechos por varios arquitectos de diseñar con ayuda de la computadora han sido en general ingenuos, puesto que al analizar sus procesos y resultados se observa que solo se ha tratado de optimizar un solo factor, como las circulaciones que es el caso más común. (Métodos analíticos de diseño).

Por este hecho y también debido al alto costo del equipo, se relegó el intento de diseñar arquitectónicamente a través de la computadora solo a aplicaciones experimentales.

A pesar de ello, existe dentro del argot de las ciencias de la computación lo que se denomina:

CAD: (del inglés: Computer-Aided Design), Diseño Auxiliado por Computadora.

CAAD: (del inglés: Computer-Aided Architectural Design), Diseño Arquitectónico Auxiliado por Computadora.

CAM: (del inglés: Computer-Aided Manufacturing); Producción de Manufaturas Auxiliada por Computadora.

El primero y el tercero son sistemas que ayudan al diseñador principalmente en los campos de:

- Industria automotriz y ferroviaria.
- Industria electrónica.
- Ingeniería Civil.
- Biología.
- Física.
- Matemáticas. Su aplicación es efectiva puesto que los problemas de diseño son en todos los casos problemas bien estructurados.

El "CAAD", por el contrario no permite actualmente la producción automática de diseños arquitectónicos, debido a las complejidades mismas de dicho proceso (aún sin dilucidar), y menos importante, por ahora, por la falta del equipo físico adecuado, y se debe considerar a nivel investigativo.

Al leer publicaciones inglesas y estadounidenses sobre el "CAAD", el lector desprevenido puede llegar a querer encontrar en ellas las fórmulas para "diseñar por computadora", o aún más para que "la computadora diseñe"; y es que en tales países tienen una definición más amplia de la palabra "diseño", respecto a la que conocemos y manejamos los arquitectos latinoamericanos. Es más amplia en el sentido de lo que cobija en sí, sin ser necesariamente mejor. Así pues, al leer esas publicaciones nos encontramos con que el "diseño arquitectónico auxiliado por computadora" que se está llevando actualmente en la práctica, se refiere a muchas de las labores que le corresponde hacer al arquitecto en su trabajo; labores que ciertamente tienen origen luego de que un diseño está concebido, o incluso labores que facilitan la definición de un diseño, pero que en nuestro argot latinoamericano no constituyen parte del diseño arquitectónico.

Tales labores son por lo general muy bien desempeñadas por la computadora; y aquí se puede contestar la pregunta acerca de si habría en arquitectura problemas codificables y bien estructurados tales que una computadora pudiese solucionar. La experiencia ha demostrado que sí existen tales problemas y se puede decir que la computadora cumple una ayuda efectiva en labores como:

"En la etapa de Investigación:

-- Estudios de Factibilidad:

Análisis de factibilidad económica.

Análisis de los tipos de alojamientos.

-- Programación:

Estructuración del problema.

Análisis de los datos activos.

Proyección de las necesidades.

Producción de listados del programa.

Análisis de circulaciones y Diagramas de agrupamiento.

En la etapa de Esquema Básico:

-- Planeación del Sitio:

Mapa del sitio.

Análisis de inclinación del terreno.

Análisis de drenajes.

Análisis de cortes y rellenos.

Análisis de vistas.

Análisis de accesibilidad.

Análisis de mapeo general.

Plano síntesis del sitio.

-- Síntesis del Diseño Esquemático:

Plano general del piso.

Síntesis espacial tridimensional.

-- Análisis de Costos y Desarrollo de las Propuestas:

Verificación de cumplimiento con lo estipulado.

Análisis de circulación.

Cómputos estructurales preliminares.

Cómputos de ganancia de calor.

Cómputos de pérdidas de calor.

Análisis de asoleamiento y sombreado.

Cómputos de iluminación natural.

Cómputos de iluminación artificial.

Cómputos de transmisión de sonidos.

Cómputos de tiempos de reverberación.

Estimado preliminar de costos.

-- Presentación:

Esquemas de plantas, elevaciones y secciones.

Trazado de perspectivas.

En la etapa de Producción de Documentación:

-- Diseño de Detalles:

Datos de reintegro del edificio como producto.

Producción automática de detalles.

Selección y dimensionamiento de los miembros estructurales.

Diseño de detalles de los sistemas mecánico y eléctrico.

Detalles de redes de ductos y tuberías.

- Costos:
  - Generación de listas de cantidades.
  - Estimados de listas de cantidades.
  - Análisis de costos.
- Producción:
  - Generación de documentos.
  - Generación de especificaciones.
  - Trazado de dibujos de trabajo.

En la etapa de Supervisión de Construcción:

- Análisis de Rutas Críticas.
- Diagramas de Precedencia.
- Control de Costos del Proyecto.

En las Funciones de Dirección:

- Costos del Trabajo.
- Funciones de Tiempo y Pago.(contabilidades)
- Facturación. " (6).

El "CAAD" ha utilizado principalmente los procedimientos analíticos de diseño, en los que se busca probar una solución para costos de circulación, por ejemplo; o para otros criterios objetivos luego de que el arquitecto ha producido un diseño que toma en cuenta la mayor cantidad de factores intuitivos.

La intención de crear una simbiosis hombre-máquina es muy buena; sin embargo solo se han logrado optimizar partes de un diseño y no el logro mismo del diseño.

Los métodos analíticos son muy útiles para solucionar casos específicos dentro de un problema general de diseño y como tales, permiten al final la obtención de un diseño adecuado a necesidades cuantificables.

También se han desarrollado procedimientos generativos de diseño auxiliado por computadora, como excepciones, pero no han tenido más acogida que la que hace posible la creación de elemen-

(6) Mitchell: "Computer-Aided Architectural Design" pp. 76-78.

tos constructivos limitados a los componentes constructivos dados por el sistema específico, sin posibilidad de hacer generalizaciones a partir de ellos.

En opinión del autor de este trabajo, es el procedimiento generativo de diseño el que puede brindar una clara opción de diseño auxiliado por computadora, para la solución de problemas de diseño generales, es decir no para arquitectura "hecha a la medida", sino para su desarrollo industrializado.

## 2.6. CONCLUSION

Partiendo de la premisa aceptada generalmente por los arquitectos, de que el diseño arquitectónico es un tipo especial del proceso de resolución de problemas, del que aún no hemos esclarecido sus complejidades, ni las relaciones internas, del diseñador, que van a crear una forma, podemos afirmar que no es posible diseñar un todo de una forma racional y objetiva; sin embargo sí hay partes de un diseño arquitectónico que pueden medirse y cuantificarse y como tales son susceptibles de ser trabajadas por medio de las técnicas de investigación operativa más apropiadas y a través de la computadora con métodos analíticos de diseño.

"Los problemas de diseño contienen: objetivos inicialmente desconocidos y también conocidos; tanto criterios subjetivos como también objetivos. Y la resolución de los problemas de diseño implica: tanto descubrir cómo solucionar problemas, un esfuerzo subconsciente y un esfuerzo consciente, tanto acciones espontáneas como planificadas". (7)

Existen muchas investigaciones y literatura sobre programas de computadora que se aplican a problemas específicos dentro de un problema general de diseño (ver cita 6), generalmente se aplican a problemas tan particulares de diseño, que se pueden considerar como motivadores de la arquitectura hecha a la medida; y es hora de cuestionarnos acerca de esta arquitectura personal cuyo fin es el de solucionar un problema de climatización a un gru

(7) Elliot/Cross: "Diseño, Tecnología y Participación" pp. 130.

po muy reducido de personas, mientras que la demanda de servicios de toda clase, y a todos los niveles no es discutible; ni siquiera falta cuantificarla para demostrar que es tan alta que la tecnología que actualmente ofrece la industria de la construcción no la satisface.

"No se va a alojar a la población adicional que ha de nacer de aquí a fines de siglo, aplicando los métodos actuales, y mucho menos a quienes ya pululan sobre el planeta, la mayoría de los cuales tiene albergue inadecuado o carece de él por completo" (8).

Una alternativa ya en práctica es la industrialización de la construcción y la prefabricación, bajo un enfoque de sistemas. La prefabricación revolucionó los procedimientos constructivos e impuso en ellos un sistema generativo de diseño; los edificios así, están formados por elementos componentes que al ensamblarse producen la forma de los mismos. Ahora, cabría preguntar: ¿qué va primero, la forma para deducir los componentes, o son los elementos los que dan las formas? Es un problema de diseño arquitectónico que tiene en realidad esas dos opciones, pues el diseño de un edificio con elementos prefabricados tiene tanto diseño de elementos componentes deducidos, como formas que surgen de otros elementos componentes.

La concepción de un edificio compuesto por elementos prefabricados no está eliminando las complejidades intrínsecas del diseño mismo, pero al ubicar las alternativas de ensamble de componentes como un sistema generativo de diseño se le entrega al diseñador una técnica de diseño que le brinda una selección tan amplia como él mismo no hubiese diseñado por métodos tradicionales.

Es en este momento en el que la computadora puede llegar a ser una herramienta útil para el arquitecto en su oficio de diseñador; lo ayuda a listar las alternativas de diseño y a encontrar las soluciones potenciales al problema de diseño por medio del método heurístico, y así encontrar la solución satisfactoria a todos los requerimientos de diseño.

(8) Paterson: "Métodos de Información para Diseño" pp. 11.

## CAPITULO 3

### LOS SISTEMAS DE GRAFICACION AUXILIADA POR COMPUTADORA, EN EL DESPACHO DEL ARQUITECTO.

#### 3.1. UN NUEVO CONCEPTO

Los términos "Computadora" y "Sistemas de Cómputo" conllevan generalmente el concepto de procesamiento de información de tipo tanto alfabético, como numérico; así se ha establecido la máquina computadora como herramienta para la elaboración de textos y para la realización de operaciones aritméticas y lógicas. Sin embargo, para el arquitecto, la computadora está tomando otra cualidad que está revolucionando el concepto mismo de la máquina; este cambio está dado por el mismo oficio del arquitecto como diseñador en primer lugar, y posteriormente por la necesidad de expresar el resultado de su trabajo en forma gráfica.

La tecnología de la computadora aplicada a los procesos de diseño aeronáutico y estructural, principalmente, han generado toda una serie de dispositivos que permiten visualizar los resultados gráficamente, además de utilizar las capacidades de cálculo originales de la computadora. Estas facilidades son las que han permitido la manipulación de gráficas por medio de la máquina y su aplicación en todo proceso que las utilice, ya sea en el área del diseño industrial o el diseño arquitectónico.

Este cambio de la computadora, que podríamos denominar como "tradicional", es decir de la computadora que hace operaciones y manipula información, hacia la computadora que manipula datos que pertenecen a expresiones gráficas y que finalmente dibuja, es algo que ha venido ocurriendo y está ocurriendo actualmente, y es un cambio tecnológico que corresponde explorar y explotar al arquitecto. Podríamos asegurar que la "computadora que dibuja" es la computadora del arquitecto; sin dejar por esto de aprovechar las demás aptitudes de la máquina para otros procesos.

La utilización de un sistema gráfico auxiliado por computadora debe ser parte integrante de un sistema generativo de diseño auxiliado por computadora, que es el procedimiento de diseño que

un diseñador y una computadora pueden efectuar juntos. Ya hemos visto algunas consideraciones sobre los sistemas "CAAD", en este capítulo veremos las organizaciones que puede adoptar un centro de cómputo en el despacho del arquitecto, haciendo énfasis en los sistemas de graficación, y dentro de ellos, principalmente se tocará el tema de la manipulación de dibujos bajo el concepto de datos almacenados en la máquina, para su uso posterior.

### 3.2. LOS CENTROS DE COMPUTO

Las oficinas y despachos de cualquier área, que ha llegado a la conclusión de usar una computadora en el desempeño de las labores que les son propias, adaptan por lo general un espacio físico para albergar el equipo de cómputo que van a utilizar; este espacio se ha denominado comúnmente "Centro de Cómputo".

El centro de cómputo puede contener desde un archivo de datos y quizás tarjetas solamente, hasta toda una instalación computacional con todos los dispositivos al alcance del usuario; y ésto es porque bien puede alquilarse el tiempo de computadora en una oficina dedicada a ello, o bien puede trabajarse en una máquina propia adquirida por el despacho, si es que la demanda de uso de la máquina lo justifica.

La primera consideración dentro de la instalación de un centro de cómputo es el tipo de máquina a usar. Las macrocomputadoras tienen muchas ventajas: gran poder de cómputo, posibilidad de manejo de múltiples usuarios a la vez, con múltiples programas (multiprogramación); gran velocidad; etc. La desventaja principal para un despacho mediano o pequeño, es el costo. Actualmente con el advenimiento de las minicomputadoras y microcomputadoras ya puede pensarse en comprar la máquina propia del despacho.

Ahora, en qué momento se debe decidir el uso de la computadora en el despacho?

Es claro que para automatizar el procesamiento de información del tipo que fuere, debe tenerse en primer lugar organizada y después sistematizada.

Esto significa que los métodos manuales que preceden a la

implementación de los sistemas computarizados deberán cumplir ta les requisitos de organización y sistematización; muchos sistemas de cómputo fracasan porque quienes los han concebido han que rido también organizar a las empresas a las que iba a servir la máquina; y ese no es el oficio del experto en computación; él de be tomar en cuenta en cada proyecto los objetivos de la empresa, las características de los recursos humanos, la estructura organizacional, el nivel de sistematización de las actividades y finalmente las necesidades de automatización operativa, de control y planeación actuales de la empresa, para partir de ahí hacia las aplicaciones automatizadas.

Existen centros de asesoría en organización, sistemas y compu tación que pueden encargarse de todo el trabajo, desde los estudios de factibilidad para automatizar las funciones de la empresa, pasando por la sistematización, estructurando las distintas áreas de la empresa, hasta la supervisión del centro de cómputo, junto con el desarrollo de sistemas o programas de cómputo para lograr la automatización; dichos centros de asesoría tienen en su personal profesionales capaces en cada una de tales áreas.

El personal del centro de cómputo no tiene porque ser especia lizado en computación o sistemas, sino que puede ser el mismo que llevaba anteriormente las operaciones organizadas y sistematizadas en forma manual, luego de una capacitación en el manejo de la máquina.

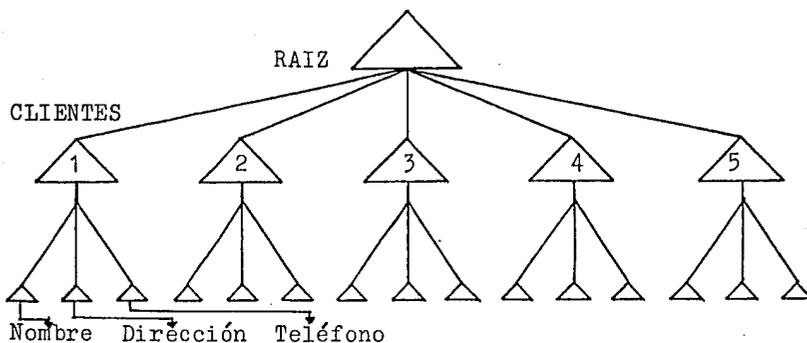
En la manipulación de información gráfica, la sistematización que debe preceder a la automatización habrá de consistir en una adecuada organización de los archivos de:

- Planos.
- Elementos estándar de planos.
- Materiales y productos de construcción.
- Especificaciones.
- Detalles Estándar.

### 3.3. BASES DE DATOS

Un concepto básico para entender y llevar a cabo la organización de un centro de cómputo en el despacho arquitectónico, es el de las bases de datos. Una base de datos es una organización y estructuración de los datos, de tal manera que se pueden reagrupar y utilizar muy fácilmente de acuerdo a lo que se desee de ellos.

Una estructura de árbol puede ser el ejemplo más claro de datos organizados, para formar una base de datos. Luego de tener estos datos en la memoria de la computadora, pueden clasificarse de acuerdo a necesidades varias.



Estructura de árbol que ejemplifica la organización de los datos, en una base de datos.

Ejemplos de clasificaciones:

- Una lista de clientes cuya dirección corresponda a una zona determinada.
- Una lista de los clientes 1,3,5 y 9 con todos sus datos.
- Etc.

En general lo que se busca en una base de datos es la facilidad de acceder los datos ya sea aleatoriamente o en algún orden predeterminado como:

- Descripción del elemento "n".
- Atributos del elemento "n".
- Elementos que poseen el atributo "a".
- Elementos que se relacionan de forma "x" con el elemento "n".

-- Relación existente entre los elementos "m" y "n".

-- Etc.

En la resolución de problemas arquitectónicos hay una gran variedad de bases de datos que pueden usarse, ya sea en los campos de administración (personal, tiempos, etc.); en la información técnica; o en la descripción simbólica de un edificio, que es la base de datos más interesante en el presente trabajo, ya que el enfoque primordial hacia el diseño arquitectónico así lo requiere.

Al concebir a un edificio como una colección de elementos cuyas propiedades se pueden identificar mediante una notación, se puede pensar en la descripción total del edificio en la memoria de la computadora mediante una base de datos que permita su recuperación partiendo de una o varias de las propiedades señaladas en el acceso a ella.

Un edificio puede describirse mediante:

-- Formas geométricas abstractas, por ej.: círculos, cuadrados, cubos, etc.

-- Elementos funcionales, por ej.: cuartos.

-- Componentes físicos, por ej.: columnas, vigas, losas, etc.

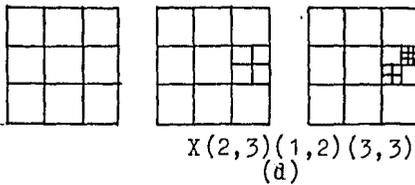
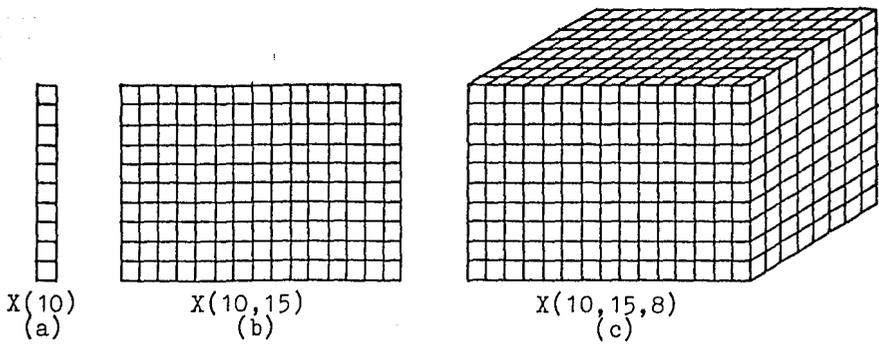
Y todos y cada uno forman los datos de descripción del edificio; a todos ellos pueden referirse atributos tales como: geométricos (dimensiones), físicos (peso), económicos, etc.

El medio de almacenamiento de las bases de datos es la memoria, como ya se dijo, y puede ser tanto en la memoria principal, como en la virtual. Los datos guardados así, adquieren una dirección, que al ponérsele un nombre con solo declararlo en el programa, la computadora los accesa. Para cada una de las memorias existen diferentes estructuras de datos:

### 3.3.1. Almacenamiento de Datos en la Memoria Principal.

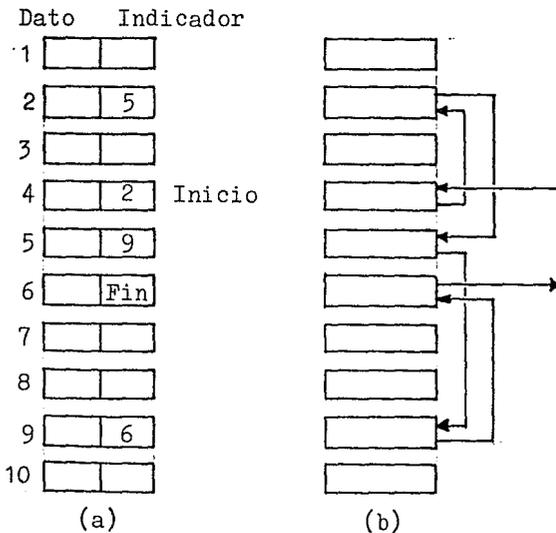
Se usan estructuras tales como:

1. Arreglos: son una sucesión de palabras o valores individuales que se identifican por el nombre y el número de casillas que requiere, ya sea unidimensional, bidimensional o tridimensional. También hay arreglos jerárquicos.



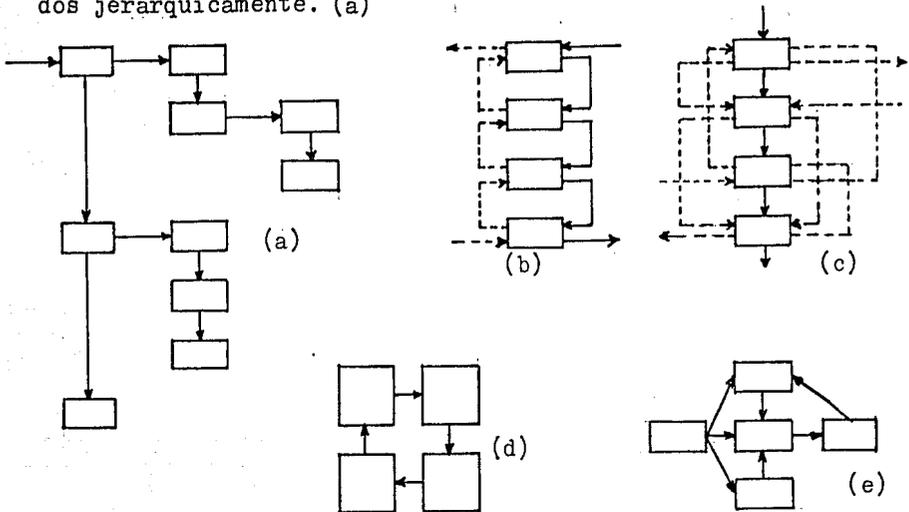
ARREGLOS: (a) Unidimensional.  
 (b) Bidimensional.  
 (c) Tridimensional.  
 (d) Jerárquicos.

2. Listas: son una secuencia de ítems de información, en la que cada localidad posee el dato mismo y a continuación la dirección en memoria del siguiente ítem en la secuencia lógica.



Datos organizados en una estructura de lista: (a) Secuencia lógica de los datos, señalada por los indicadores. (b) Los indicadores ilustrados mediante flechas.

3. Arboles: son una secuencia de ítems de información organizados jerárquicamente. (a)



4. Otras estructuras: -- Listas de dos vías. (b)  
 -- Listas multiconectadas. (c)  
 -- Anillos (secuencias circulares). (d)  
 -- Redes. (e)  
 -- Etc.

### 3.3.2. Almacenamiento de Datos en la Memoria Auxiliar.

Los datos almacenados en cintas o discos magnéticos se jerarquizan de la siguiente manera:

1. Item: es un dato indivisible de información (número, palabra, valor lógico).
2. Campo: es la unidad de almacenamiento de un ítem y consiste en los bytes necesarios para representar el dato.
3. Registro: es una serie de campos relacionados con un identificador común. Ej.: longitud, altura, área, etc.
4. Archivo: es una organización de registros con una estructura lógica común y se identifica con un nombre o número.
5. Base de Datos: es la organización de archivos relacionados. (más ampliamente este término significa cualquier organización coherente de información).

### 3.4. TIPOS DE PROCESAMIENTOS DE DATOS

Básicamente hay dos formas de utilizar una computadora para resolver problemas característicos en un despacho arquitectónico: -- Procesamiento en Lote o "Bloque" (ésta es una traducción particular del autor, del inglés: "Batch").

-- Procesamiento de Tiempo Compartido.

#### 3.4.1. Procesamiento en Bloque.

Es una forma de presentarle a la computadora un problema como un solo bloque de información; la computadora toma el problema, lo procesa y al final entrega el resultado del mismo. El usuario no toma parte en las etapas intermedias de resolución del problema y ésto lo caracteriza como un procesamiento no interactivo.

Puesto que se le pueden entregar a la máquina varios problemas a resolver, uno tras otro, incluso de diferentes usuarios, ella los resuelve por turnos o colas de problemas; el sistema operativo de la computadora es el encargado de controlar dichas colas asignándole a cada usuario y a cada problema el tiempo y la memoria disponibles para ellos.

El ejemplo clásico del procesamiento en bloque es el desarrollado por la computadora cuando se le presenta un problema por medio de tarjetas perforadas. En ellas se incluyen tarjetas de control (que indican a la máquina donde inicia el programa de instrucciones, el lenguaje utilizado, el nombre del programa y el del usuario, el final de las instrucciones y el comienzo de los datos), las tarjetas de instrucciones (el programa en sí), y los datos específicos a ese problema a resolver. Al tener este paquete de tarjetas se introducen a la lectora, la que transmite la información a la computadora y luego que ha corrido el programa en el turno asignado, imprime los resultados.

Actualmente este proceso se hace cada vez más frecuentemente a través de una pantalla con su teclado; en donde cada renglón escrito equivale a una tarjeta, aunque se conserva la idea básica de procesar los programas por bloques.

El sistema de procesamiento en bloque es apropiado para la resolución de muchos tipos de problemas, principalmente aquellos

que se caracterizan por tener una sola forma de solución a través de una o varias fórmulas de resolución muy definidas.

En la resolución de problemas arquitectónicos es utilizado en aplicaciones discretas bien definidas, tales como: la producción de una perspectiva a partir de una descripción digitalizada de un edificio; o para clasificar una lista de cantidades, etc.

Aunque se puede acceder una minicomputadora en forma de bloque, característicamente este procedimiento se hace utilizando los servicios de una oficina que venda tiempo de cómputo, en donde por lo general poseen máquinas grandes para poder dar servicio a numerosos usuarios a la vez. Es ésta una opción favorable ya que la inversión del despacho arquitectónico en cómputo, es mínima; la oficina que renta la máquina hace las grandes inversiones de capital en equipo, mantenimiento y personal; el usuario solo paga el tiempo que usa la máquina.

Así las cosas, un centro de cómputo de un despacho arquitectónico podría consistir en un programador con sus paquetes de tarjetas y un archivo para ellas; cada vez que hubiese un problema por someter a la máquina, se iría a la oficina que la renta y se correría el programa ya escrito en las tarjetas por medio de las perforaciones. Una segunda opción dentro del procesamiento en bloque, sería tener cintas magnéticas en lugar de tarjetas; y una tercera: discos magnéticos. La desventaja de un sistema llevado así, es que cada vez que el usuario necesite usar la máquina debe acudir al lugar donde ella esté.

Para subsanar esta dificultad, se instala una terminal en el despacho arquitectónico y a través de una línea telefónica se transmite y recibe información de la computadora, la que permanece en la oficina que da el servicio. La terminal puede consistir en una pantalla con su teclado, o en una impresora con su teclado; la comunicación con la computadora a través del teléfono es posible gracias a un dispositivo denominado "Modem" (nemónico de "Modulador-Demodulador"), que convierte la señal eléctrica de la terminal, en señal acústica que puede viajar hacia la computadora; a la llegada de dicha señal, otro modem demodula la señal acústica en señal eléctrica para que la computadora pueda inter-

pretarla; el camino contrario, es decir de la computadora hacia el usuario, funciona de la misma forma.

Un método sencillo que se usa para el trabajo bajo procesamiento en bloque, es: el arquitecto realiza un esquema básico del edificio, a mano alzada sobre un papel cuadriculado; a partir de dicho dibujo, un programador lo translada a un lenguaje de alto nivel, realizando el programa de dibujo. Los datos que describen al edificio se organizan en una base de datos; el programa recolecta toda la información que hay en dicha base de datos (la que permanece en el sistema de almacenamiento de la máquina), y solamente cuando se han introducido todos los datos hace el dibujo de salida. Es éste un método lento, "aún más lento que los métodos manuales de dibujo" (1), pues desde la misma recolección de datos, midiendo dimensiones, asignando coordenadas a cada punto del esquema, etc., es muy propenso a errores ya que muy fácilmente se pueden olvidar líneas o dar una dimensión incorrecta, y el usuario solo los percibirá al revisar el dibujo luego de que ya ha sido terminado y entonces tendría que hacer las correcciones y de nuevo volver a correr el programa.

La ventaja principal es que es el método de dibujo auxiliado por computadora más barato, siempre que no se cometan muchos errores y no haya necesidad de repetir las corridas de los programas.

El dibujo de salida se puede hacer en una pantalla graficadora; sin embargo tiene la desventaja de tener que partir el dibujo en secciones pues las dimensiones de la pantalla casi nunca permiten un acomodo aceptable del mismo; entonces, se usa la pantalla, principalmente, para hacer en ella una primera corrida y poder ir revisando el dibujo final antes de tratar de obtener una copia dura en papel, proporcionada por la impresora trazadora.

La capacidad de dibujo automatizado que poseen las computadoras a través de sus dispositivos graficadores y trazadores, es la cualidad que parece haber atraído en mayor cantidad a los

(1) Reynolds: "Computer Methods for Architects" pp. 69.

arquitectos interesados en el tema. Una computadora puede realizar dibujos de planos arquitectónicos a partir de elementos predefinidos almacenados en la memoria y esta capacidad se ha utilizado ampliamente.

Análogamente a la producción de dibujos bajo este procedimiento, puede pensarse en la elaboración de diseños de edificios industrializados en los que todos sus elementos componentes son conocidos; ésto se lograría mediante diversos sistemas modulares, al realizar el ensamble de tales elementos. Al pensar en un sistema modular que permita una combinación muy amplia de componentes, tal que escape al método manual de tanteo el número de alternativas de ensamble de los elementos, se puede afirmar que la computadora es una herramienta efectiva en la producción de diseños arquitectónicos alternativos, quedando en poder del diseñador la imposición de restricciones y la selección de la solución que más las satisfaga. Claramente, éste sería un procedimiento generativo de diseño dentro de un sistema cerrado de prefabricación.

Regresando al dibujo automatizado, actualmente se pueden realizar las siguientes funciones:

- Dibujo de planos arquitectónicos.
- Almacenamiento y dibujo de elementos predefinidos (puertas, ventanas, paneles, etc.), que podrán usarse en contextos diferentes.
- Subdivisión de un dibujo en secciones y posterior acoplamiento de las mismas en combinaciones diferentes.
- Escalamiento tanto de elementos predefinidos, como de dibujos terminados.
- Repetición parcial de planos con posibilidad de modificar la parte que es diferente al primero.
- Producción de diversos tipos de perspectivas.
- Copias de cuartos enteros, de bloques o departamentos.
- Reflexión de elementos o dibujos en planos simétricos, en los que solamente se requiere dibujar una mitad.
- Dibujo y almacenamiento de detalles.
- Colocación de textos dentro de dibujos.

- Edición de cantidades de materiales, a partir del dibujo terminado.
- Trabajo de dibujos sobre redes.
- Etc.

Los sistemas no interactivos de dibujo se subdividen en sistemas bidimensionales y tridimensionales, correspondientes a los conceptos utilizados en el dibujo manual. Hay una subdivisión intermedia llamada de dos dimensiones y media, y son aquellos sistemas en los que una vez que se tiene la planta de los dibujos, tan solo con dar la dimensión de altura se obtiene la proyección vertical del mismo dibujo, y viceversa.

#### 3.4.2. Procesamiento de Tiempo Compartido.

Se le conoce como Procesamiento de Tiempo Compartido o Procesamiento Interactivo, porque al mismo tiempo que acepta un número simultáneo de usuarios hace que la máquina mantenga un diálogo continuo con ellos por medio de un dispositivo terminal interactivo, como podría ser una pantalla.

Se aplica en problemas en que el usuario debe tomar decisiones que dependen de un primer procesamiento de la información; así el usuario participa en la elaboración de la solución final satisfactoria.

Dependiendo del tamaño de la máquina pueden trabajar desde 2 hasta 50 usuarios a la vez.

También puede accederse a través de un modem y un teléfono, sin embargo la opción más popular para el procesamiento interactivo es la de usar una minicomputadora propia del despacho, pues casi todos los programas responden a necesidades específicas del mismo.

El procesamiento interactivo tiene mayor aplicación en los procesos de diseño ya que permite el incremento en la posibilidad de decidir en el momento en que se hace; y puede aplicarse con gran ventaja en la manipulación de información gráfica.

Al usar los servicios de una oficina que rente tiempo de computadora, solo se necesita una terminal.

Cuando el propio despacho posee su minicomputadora, se le

acondicionan "puertos de entrada/salida" que son dispositivos que permiten el uso compartido e interactivo de la máquina.

La forma más elemental para comunicarse con la computadora, para instruirla acerca de un dibujo, es a través de un teclado, por medio de palabras comando que pueden llamar a elementos predefinidos que estén almacenados en la memoria de la computadora, o también para añadir textos a un dibujo.

Otra opción de comunicación son las funciones-llave, que son teclas que no están asociadas con ningún carácter en particular y que pueden programarse para tener cualquier significado que el usuario desee, por ejemplo: incremento de escala. Hay una limitación en el uso de funciones-llave pues generalmente hay hasta un máximo de 12 disponibles en el teclado y si hay más acciones por ejecutar deben teclearse con comandos.

Una forma muy usada para iniciar acciones es el uso de un menú. Un menú es una lista de alternativas que pueden seleccionarse por medio de un indicador posicional (fotopluma por ej.); la lista puede escribirse en la pantalla en la que se toca una de las alternativas con el indicador, o también puede oprimirse la tecla correspondiente a la letra o número de tal alternativa e inmediatamente se inicia la acción indicada por la misma.

El concepto de selección de elementos predefinidos es muy importante ya no solamente en la elaboración de dibujos, sino también en los procesos generativos de diseño, pues al concebir un sistema de elementos componentes prefabricados para edificios, almacenados en la memoria, con solo llamarlos bien sea a través de comandos, funciones-llave o menús, se pueden ensamblar en la pantalla en las formas convenientes a la función que van a desempeñar. Un almacenamiento así se hace por medio de las adecuadas bases de datos.

Los menús pueden contener alternativas de submenús, los que a su vez pueden subdividirse o iniciar acciones. Las principales acciones pueden ser: borrar, redibujar, escalar, trasladar, rotar, reflejar, etc. dibujos o partes de ellos; señalar puntos predefinidos; indicar una posición; etc.

Al usar un gran digitalizador puede hacerse un menú sobre su

superficie, que permita la graficación de dibujos especiales y no comunes (logotipos, por ej.). El digitalizador tiene la ventaja de proporcionar una visión general del plano a todo momento; es el mejor sistema para poner una copia de un dibujo existente, dentro de la computadora.

En cuanto al trabajo con las pantallas graficadoras interactivas, cuando se trabaja con pantallas de almacenamiento se hace una red modular, bien sea de puntos o de líneas, sobre la que el usuario especifica dos puntos con el indicador posicional y aparece luego una línea entre ellos; si la línea está fuera de la red, deben teclearse las coordenadas correspondientes. Pueden indicarse líneas de espesores diferentes, esto se hace desenfocando el rayo de luz. Para posicionar y transformar elementos predefinidos en las pantallas de almacenamiento, no se puede arrastrar el elemento a través de la pantalla pues al hacerlo queda una gran mancha, así que deben posicionarse desde un principio en su sitio final con mucho cuidado, esto se logra asignando a cada elemento una referencia con dos líneas de la red, la que debe estar desplegada en la pantalla. La transformación de elementos (rotación, escalamiento), debe hacerse antes de ordenar la graficación y se hace por medio de un comando, una función-llave o un menú.

Al trabajar con pantallas de refrescamiento, una línea dibujada en ella puede moverse o cambiarse de longitud dinámicamente, si es necesario. El dibujo de líneas rectas se hace comúnmente mediante el método de la "banda elástica", llamado así porque da el efecto de estar estirando una banda entre dos puntos; el dibujante primero localiza el punto inicial con una fotopluma y a medida que va moviéndola aparece una línea estirándose entre el punto inicial y la fotopluma. Para indicar espesores de líneas, se hace por medio de variaciones en los brillos de las mismas. Con estas pantallas es posible arrastrar un elemento predefinido hasta su posición final y también puede usarse una red modular; y se pueden hacer todos los tipos de transformaciones.

El dibujo de círculos y arcos en ambas pantallas no es muy directo, a no ser que la computadora posea un bit extra del circui

to llamado "bit generador de arcos", el que permite el dibujo directo de líneas curvas; si no tiene este bit, las líneas curvas tienen que aproximarse por medio de pequeños segmentos rectos y por lo mismo es conveniente disponer que todas las curvas sean elementos predefinidos, pues de otra forma es difícil borrarlas o moverlas si fuese necesario.

### 3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS GRAFICOS Y DESCRIPCIONES GEOMETRICAS DE EDIFICIOS EN LAS BASES DE DATOS

La información gráfica de un edificio se almacena en la memoria de la computadora mediante las estructuras de datos, en las que se registran las formas, dimensiones, localizaciones, etc., del mismo.

Un edificio puede verse como:

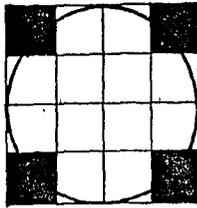
1. Un ensamble de componentes físicos, como columnas, vigas, losas, etc.
2. Como superficies limitadas, como muros, pisos y cielos rasos.
3. Como líneas limitadas haciendo vértices e intersecciones de superficies, como en el dibujo tradicional.
4. Como volúmenes cerrados funcionales, como cuartos.
5. Como bloques de construcción abstractos, como módulos cuadrados o cúbicos.

Según la forma de ver el edificio, según el tipo de edificio y según su forma, se puede representar geoméricamente de diversas formas:

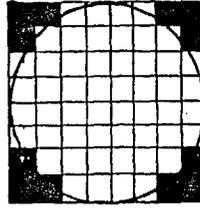
#### 3.5.1. Descripción Geométrica en Redes.

Se basa en el concepto de diseño de los edificios sobre redes modulares rectangulares, triangulares, hexagonales, etc. y que puede realizarse en dos o tres dimensiones. Para ello se usan varios tipos de redes:

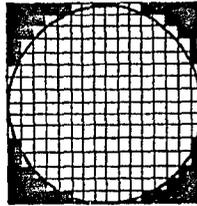
1. Redes Cuadradas y Rectangulares: la representación se hace considerando que cada celda contiene un bit de información 1 ó 0, que gráficamente es negro o blanco, respectivamente.



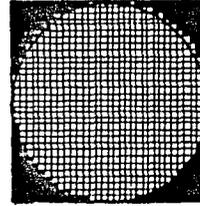
(a)



(b)



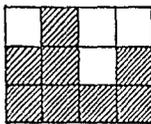
(c)



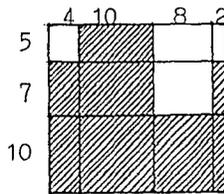
(d)

Representación de un círculo mediante Redes Cuadradas: (a)16 bits. (b)64 bits. (c)256 bits. (d)1024 bits.

Las redes pueden ser de dimensiones constantes o variables. Son variables cuando se requiere graficar objetos con formas iguales, pero de dimensiones diferentes. En este caso la representación con la mínima dimensión es la que se almacena, trazando una red que tendrá el mismo número de celdas en los demás objetos aunque varíe la dimensión; luego se codifican numéricamente como un arreglo de 2 dimensiones con unos y ceros, y se identifica por medio de vectores de dimensionamiento.



(a)



(b)

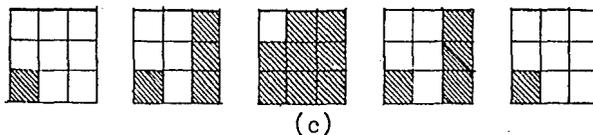
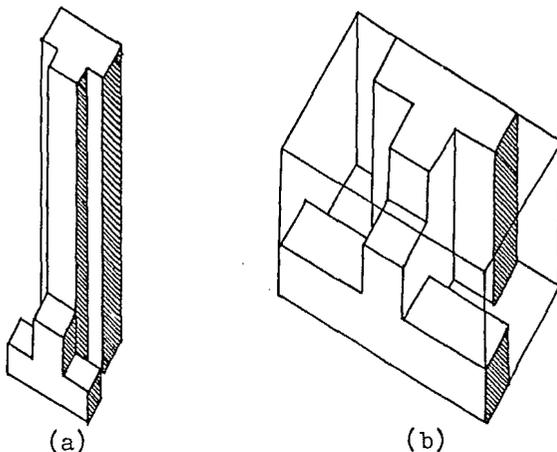
Almacenando la dimensión mínima (a), se obtiene la transformación (b), mediante los vectores de dimensionamiento:

$$X = (4 \ 10 \ 8 \ 2)$$

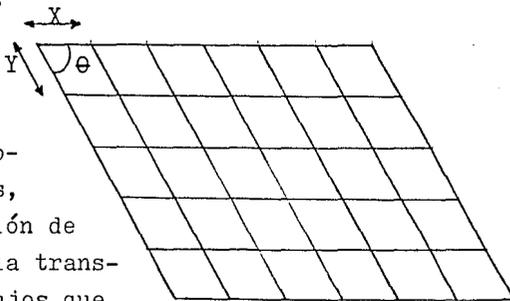
$$Y = (5 \ 7 \ 10).$$

2. **Entramados Cúbicos:** las formas tridimensionales se pueden representar mediante arreglos tridimensionales de enteros.

Una figura tridimensional (a), se almacena bajo su representación mínima (b); se hacen secciones de ésta, y se codifican mediante bits de información (c), en donde 1 ó 0 equivale a negro o blanco, respectivamente.



3. **Redes de Paralelogramos no ortogonales:** el paralelogramo se describe por medio de los parámetros  $X, Y, \theta$ . La variación del ángulo  $\theta$  permite el giro de las formas a cualquier orientación que se requiera.



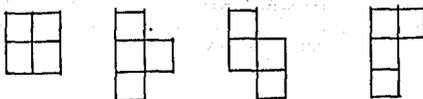
Las redes de paralelogramos no ortogonales, permiten la translación de los ejes y con ello la transformación de los dibujos que contienen.

4. Formas generadas a partir de las Redes: el ensamble de formas diseñadas sobre redes genera nuevas formas y mediante un proceso generativo, la computadora hace todos los ensambles que se requieran:

-- Polyomino: es un ensamble de cuadrados conectados por los lados.



Los nueve polyomino compuestos por cuatro o menos cuadrados.



-- Poliamono: es un ensamble de triángulos equiláteros conectados por los lados.

-- Polihexa: es un ensamble de hexágonos regulares conectados por los lados.

-- Policubos: es un ensamble de cubos conectados por los lados.

-- Etc.

### 3.5.2. Descripciones en base a representaciones Poligonales y Poliédricas.

Bajo esta descripción de las formas (edificios), se almacenan las líneas limitantes entre las formas y los espacios.

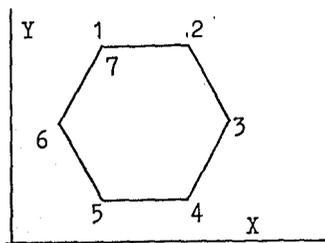
Los puntos se almacenan mediante las coordenadas, en forma de vectores renglón: X,Y : bidimensional y  
X,Y,Z : tridimensional.

La línea recta se define por sus puntos extremos y se representa como una matriz 2x2 que contiene 2 pares de coordenadas

que especifican los puntos finales, así:  $X_1$   $Y_1$

$X_2$   $Y_2$

Los polígonos se definen por líneas que comienzan y terminan en el mismo punto; y la representación también es una matriz en la que las primeras coordenadas son iguales a las últimas.



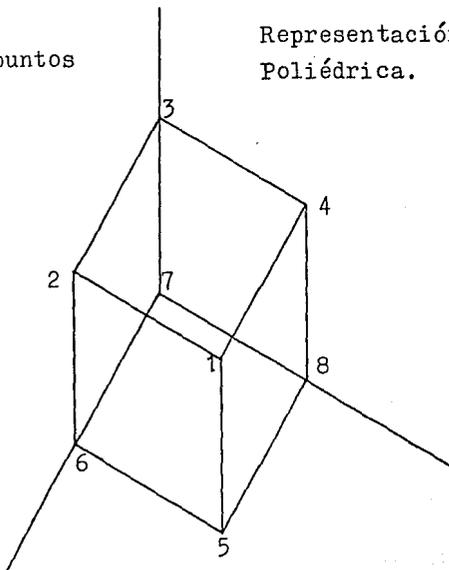
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>
X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
X <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>
X <sub>6</sub>	Y <sub>6</sub>
X <sub>7</sub>	Y <sub>7</sub>

Representación  
Poligonal.

Los polihedros, debido a que sus caras son polígonos se pueden representar por una matriz con los diversos puntos que representan a cada cara. Resulta información redundante pues hay coordenadas comunes a 2 ó 3 caras.

Matriz con los puntos  
de cada cara:

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



Representación  
Poliédrica.

### 3.5.3. Otras descripciones.

Existen otros tipos de descripciones de formas, y por lo mismo de edificios, que pueden usarse en el almacenamiento de los datos gráficos de los mismos, tales como:

1. Descripciones Topológicas: basadas en la descripción de figuras por medio de puntos y líneas de borde, que pueden deformarse y transformarse en otras figuras. Una representación así se hace por medio de grafos y por ello pueden explotarse en su desarrollo las teorías de Grafos, Grafos Duales, Diagramas de Smith (circuitos), etc.; en ellas, por lo general, se considera a los planos de piso como áreas seccionadas internamente en nuevas áreas y siendo las relaciones de éstas las que definen nuevamente el plano de piso.
2. Transformaciones Geométricas sobre matrices de puntos: al tener las descripciones de los edificios por medio de matrices de puntos, se pueden hacer las transformaciones necesarias, tales como:
  - Escalamiento.
  - Traslación.
  - Rotación.
  - Reflexión.

Todas ellas pueden hacerse en los espacios de dos o tres dimensiones, y se basan en el concepto de que cada punto  $(X, Y)$  se transforma en un nuevo punto  $(X', Y')$ , y así las relaciones entre  $X$  y  $X'$ , y entre  $Y$  y  $Y'$  se pueden expresar por medio de ecuaciones, las que relacionadas con las matrices de puntos originales dan como resultado la transformación requerida. (¶)

### 3.6. VISUALIZACION

Se conoce con este término la producción de perspectivas por computadora. El primer punto a considerar es que debido al alto costo de su producción y recolección de datos, la visualización debe ser una herramienta de trabajo para el logro de un buen di-

(¶) Desde 3.5. síntesis de Mitchell: "CAAD" pp.155-221.

seño y no elemento de presentación final del diseño, pues no se pueden lograr muchos detalles en el dibujo. La forma ideal de trabajo es la de producir varias perspectivas diferentes en base a unos mismos datos, para así poder considerar un costo efectivo.

Las principales funciones que pueden hacerse son:

- perspectivas transparentes.
- perspectivas opacas.
- perspectivas a medios tonos.
- perspectivas en color.
- caminar alrededor del edificio (secuencias).
- perspectivas dinámicas (animación).
- sombras producidas por los edificios, en diferentes días y horas.
- perspectivas de interiores.
- etc.

La información en la computadora se almacena en forma de números, por lo que la representación de una figura tridimensional se hace con las coordenadas espaciales de cada esquina de los objetos, junto con la información que conecta los puntos.

Las líneas curvas se aproximan por pequeños segmentos rectos y las superficies curvas se aproximan mediante pequeñas caras planas.

Cuando los detalles mínimos son repetitivos se pueden representar por medio de reflexión.

Un método muy usado en la recolección de datos es el almacenamiento de elementos predefinidos, tales como cajas, cilindros, pirámides, etc.; cada elemento puede escalarse, y en forma independiente en cada eje si se desea o puede reflejarse en casos de simetría.

Los elementos pueden ensamblarse uno tras otro para formar dibujos complejos que también pueden almacenarse luego como nuevos elementos predefinidos.

Se puede usar un digitalizador para introducir las coordenadas de una planta y dos elevaciones de un edificio, la máquina encuentra la unión de los puntos en el espacio y produce las perspectivas.

### 3.7. RECONOCIMIENTO DE ESQUEMAS

Todos los procedimientos de graficación citados hasta aquí, requieren procesos complicados para permitir a la computadora copiar las imágenes visuales humanas. Ningún dispositivo da la libertad que posee la mano del diseñador dibujando con lápiz y papel.

Tratando de facilitar una acción tal por medio de las computadoras, se han construido máquinas que trabajan con la ayuda de un sistema óptico, similar a una cámara de televisión, que le sirve de ojo y que pasa por encima de caracteres y esquemas, los identifica y luego realiza el trazado de ellos en una forma correcta.

Estos sistemas aún están en investigación, puesto que no se han podido resolver los problemas de ambigüedad que se presentan cuando toma un caracter o esquema por otro similar en forma pero no en su significación.

Cuando un sistema tal sea perfeccionado y totalmente factible, podremos considerar a la computadora como un verdadero dibujante, pues la idea es que el arquitecto trace un esquema a mano alzada y luego lo someta al mecanismo óptico de la computadora, para que ella luego trace un plano acabado.

Actualmente, el reconocimiento de esquemas se hace colocando el elemento a ser reconocido sobre una red cuadrada; las celdas de la red que quedan intersectadas por las líneas del esquema se iluminan. En la memoria de la máquina hay archivos de plantillas patrón que describen los elementos gráficos más comunes contra los que se prueba el esquema. El programa de cómputo selecciona la plantilla que más se acerca a la descripción dada en la red; aunque no considera al esquema como a un todo, sino como un conjunto de elementos discretos y ésto también ha dificultado la aplicación de esta técnica.

También se han desarrollado sistemas que permiten el reconocimiento de perspectivas dibujadas a mano alzada, pero como no admite más que líneas paralelas y perpendiculares aún no se ha podido aplicar en arquitectura.

## CAPITULO 4

### UNA APLICACION A LOS SISTEMAS MODULARES EN PREFABRICACION.

#### 4.1. INTRODUCCION

Al tener un panorama sobre las características y funciones de la computadora; sobre la labor del arquitecto y el apoyo que le ofrece la computadora; y finalmente, sobre los sistemas de graficación tomados como tecnología de computadoras que le es propia al arquitecto, podemos ahora reunir todos estos conceptos para elaborar una aplicación de ellos, que sintetice el planteamiento de esta Tesis.

Partiendo del análisis de los procesos de diseño, se puede afirmar que es el de Diseño Generativo el proceso que permite actualmente su completo desarrollo por métodos cuantitativos, al consistir básicamente en la generación de formas a partir de otras elementales. Si revisamos este concepto en el contexto de la actual tecnología constructiva, se llega de inmediato a la tecnología de la industrialización y prefabricación; puesto que, permite conceptuar la conformación física de un edificio a partir de elementos predefinidos y repetitivos. Conjuntamente encontramos en esta tecnología la alternativa en la búsqueda de una solución a los problemas deficitarios en servicios comunitarios, especialmente en vivienda.

Teniendo pues tal esquema, se presenta la computadora como la herramienta más adecuada para el arquitecto en la búsqueda de soluciones de diseño, bajo el concepto de proceso generativo; y es así que este capítulo retoma todo lo hasta aquí descrito para hacer una aplicación que sea conjuntamente el planteamiento.

#### 4.2. PLANTEAMIENTO

La inquietud acerca de la labor del arquitecto en las soluciones a los grandes problemas deficitarios de vivienda en América Latina, junto con otra disciplina: la computación, me llevaron a pensar en cual sería el aporte que la tecnología de la computadora podría ofrecer en la solución a tal problema.

De inmediato surge necesariamente el aspecto del diseño arquitectónico, que aunque se trate del problema de vivienda solamente, sigue siendo el problema del proceso de diseño arquitectónico en general y su posible desarrollo automatizado.

Puesto que para el presente trabajo no interesa exponer los diversos intentos y logros obtenidos en la realidad, en el problema de falta de viviendas, sino explorar la potencialidad de una solución buscada en la simbiosis diseñador-computadora, se han dejado de lado aunque no desconocido, el estudio de intentos tales como autoconstrucción, "pies" de casa, cooperativismo, financiamientos diversos, etc.; pues, en síntesis, no se intenta estudiar aquí el problema de la vivienda en general sino el enfoque particular del diseñador que utiliza una computadora para atacar el mismo problema.

Ya se planteó que los métodos tradicionales de diseño y construcción nunca llegarán por sí solos a solucionar el problema de la vivienda; y es por esto que la ya mencionada potencialidad de la computadora en la búsqueda de soluciones, bien merece su análisis y estudio.

La computadora es una parte fundamental de la tecnología moderna y la tecnología debe tender a satisfacer la demanda de servicios para la que fué ideada y así justificar su utilización.

Al considerar al diseño como "el arreglo de componentes de diversas escalas" (1), en el que tales componentes son un conjunto finito de variables, podemos afirmar que todos los edificios tienen elementos componentes tomados tanto de la producción artesanal (tabiques, tejas, etc.), como de la producción industrializada (puertas, ventanas, acabados, etc.), y podríamos hablar entonces de una normalización de componentes en los diseños arquitectónicos, sin tener en cuenta si ello se buscó o no en la solución dada; continuando con tal orden de ideas, podría sugerirse la elaboración de listas de materiales y productos constructivos organizados bajo clasificaciones de uso, propiedades, etc. Con tales listas se conformaría un archivo de todos los materiales

(1) Paterson: "Métodos de Información" pp. 33.

y productos útiles para cada tipo de necesidad a satisfacer mediante el diseño arquitectónico, es decir para cada tipo de edificio. Si nos imaginamos la generación de diseños reuniendo las partes componentes de los edificios actuales, a partir de los archivos que contienen las listas de tales componentes y condicionando los diseños al cumplimiento de requerimientos dados, como las necesidades de los usuarios y los datos climatológicos a los que deben responder, quizás se obtenga una gran cantidad de diseños inaceptables desde otros puntos de vista, ya sea estético, económico y hasta de simple congruencia. Pero, ésto solo estaría demostrando que los componentes de las listas de materiales y productos no fueron pensados para trabajar todos juntos en condiciones aleatorias, sino para solucionar una necesidad particular en el edificio, adaptándose a los elementos adyacentes de una manera previamente señalada. Este experimento teórico permitiría, por otro lado, concebir soluciones potenciales de diseño que tal vez nunca hubiesen pasado por la mente de un diseñador y ésto ya nos permitiría pensar en lo que podría suceder si todos los elementos de este "rompe-cabezas" hubiesen sido planeados para armarlo de "n" formas, es decir dentro de un sistema cerrado de prefabricación que permitiera una flexibilidad de ensamblaje tal, que proporcionara una gran variedad de formas de diseño.

Podría objetarse que un sistema tal propiciaría la monotonía y entonces, al respecto bién cabe la siguiente cita: "si cada componente de un edificio se rediseñara constantemente, esto resultaría tan confuso como un libro en el que cada palabra fuera de nueva creación..... Se sabe generalmente que las pequeñas poblaciones y ciudades tradicionales tienen un gran atractivo y al mismo tiempo mucha variedad. De aquí se puede deducir que la variedad equivale al atractivo. Por otra parte, las grandes ciudades tienen calles y avenidas principales llenas de edificios característicos y repetitivos, y dentro de estos patrones reconocibles es donde se encuentra la variedad. Puede haberse reconocido tradicionalmente que a los programas de creación de patrones les resulta difícil reproducir, a tan gran escala, los complicados diseños que dan variedad a las pequeñas poblaciones, mien-

tras que a pequeña escala resulta fácil. Por estas y otras razones se ha recurrido a través de la historia a un alto grado de uniformidad" (2).

Y es que los sistemas industrializados que se utilizan en general, están basados en concepciones dimensionales y modulares tan limitadas que solo pueden producir prototipos limitados de edificios y es ésto lo que ha generado mucha de la monotonía de los edificios basados en elementos normalizados y prefabricados.

Entonces, es claro que el problema de la monotonía y la adaptación de un sistema industrializado a los requerimientos del usuario parte desde la base misma de los conceptos dimensionales y modulares que se usen, pues ellos generan los elementos componentes y éstos generan las edificaciones. Por esto mismo, ahora entraremos en algunas consideraciones relativas a la coordinación dimensional y modular.

#### 4.2.1. COORDINACION DIMENSIONAL Y MODULAR

"La coordinación dimensional es una técnica de racionalización, normalización y ordenamiento lógico de medidas que tienden al mutuo acoplamiento de los elementos de la construcción de tal manera que sea posible un ajuste directo en obra que no requiera mayor acabado y que, además permite un empleo repetitivo e intercambiable de los elementos.

La coordinación modular es una manera de coordinar dimensionalmente los elementos de la construcción y los edificios mismos, refiriendo todas las medidas de éstos a una unidad dimensional básica, llamada módulo." (3).

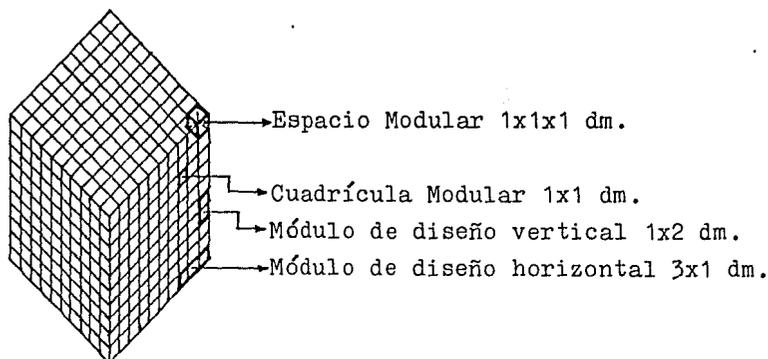
El estricto apego a la definición de un módulo básico y a la producción de elementos prefabricados múltiples o submúltiplos del mismo, ha frenado en cierta forma el desarrollo de la industrialización de la construcción, pues el ensamblaje de los elementos componentes solo permite lograr las dimensiones múltiples o submúltiplos del módulo sin posibilidad de lograr una dimen-

(2) Paterson: "Métodos de Información" pp. 33 y 34.

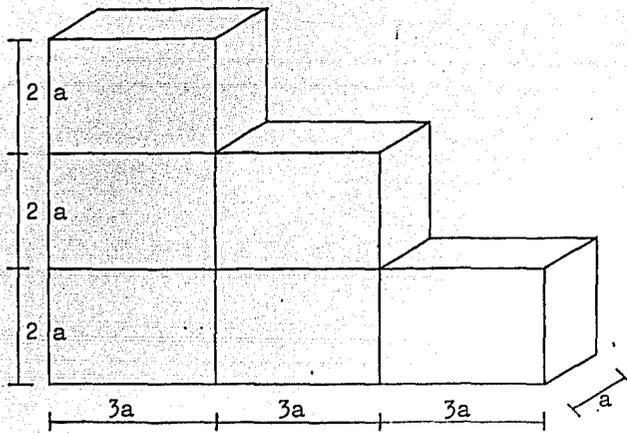
(3) Ceballos L.: "La Prefabricación y la Vivienda" pp. 35.

sión que no pertenezca a tal rango. Esto trae como consecuencia una limitación en las posibilidades de ensamblaje y consecuentemente en el diseño; y así, para cada proyecto que pretenda utilizar alta tecnología industrializada deben diseñarse y fabricarse todos los componentes sin posibilidad de usar un solo diseño base (del sistema modular), a partir de una coordinación dimensional y modular flexibles.

Tradicionalmente la industrialización de la construcción se ha basado en el módulo cúbico de Bemis:



El módulo básico que lo compone es el cubo de  $1 \text{ dm}^3$  y a partir de él se escoge el módulo de diseño conformado por diferente número de módulos básicos en las dimensiones X, Y, Z; pero siempre conservando en cada una de ellas el módulo básico elegido. Esto da como consecuencia que al hablar de una dimensión dada solo se permita el uso de una sola medida repetida una tras otra, y a veces se permite la subdivisión de ella a la mitad, pero no más allá, pues en la prefabricación de componentes esto significaría la fabricación de muchos elementos y ello, claramente iría en contra de la misma normalización de la industrialización que se está buscando. Y es que en la práctica el concepto de modulación se ha limitado a repetir un módulo "n" veces, restringiéndose así el logro de dimensiones que no corresponden a la suma de un módulo tras otro.



Un sistema así está formado por el módulo básico "a" que al tomarse 1,2,3, etc., veces dá los diferentes módulos de diseño en cada una de las tres dimensiones; ésto sería muy útil si en la práctica real se pudiera trabajar con elementos medibles en decímetros, que es la unidad del módulo básico, y así se obtendrían todas las medidas incrementadas en 1 dm. consecutivamente. Pero, en realidad se trabaja con dimensiones de metros.

Esto condiciona al diseñador a conformar espacios modulares que solamente pueden variar de "a" en "a", cuyo valor generalmente nunca es menor a 1 metro, pués el ensamblaje de elementos pequeños dificultaría tanto el diseño, como la producción y montaje de los mismos, principalmente en grandes proyectos, y también porque una de las premisas de la industrialización de edificios es la creación de un número limitado de elementos para tener, como ya se dijo, un número finito de variables.

Ante esta situación, debe buscarse un sistema modular que a base de pocos elementos componentes logre una gran flexibilidad en el incremento de un módulo tras otro, para así por un lado, cumplir con los requerimientos de la prefabricación; y por el otro, dar al diseñador un sistema que le permita hallar muchas soluciones potenciales y no que le imponga una como sucede actualmente; generando finalmente, una variedad real.

Numerosos intentos con combinaciones de números, tales como la serie doble (1,2,4,8,16,...), la serie triple (1,3,9,27,...), la serie aditiva o de Fibonacci (1,2,3,5,8,13,21,34,55,.....), el Modulor de Le Corbusier, etc., surgidos de diferentes motivaciones, han brindado diferentes tipos de modulaciones, las que sin embargo no permiten la consecución de una dimensión que no se halle dentro de tales series de números.

En Inglaterra, en 1968, P.H. Dunstone dió a conocer su "Combinación de números", la que extrañamente no ha tenido mayor difusión, y que se basa en el uso de 2 ó 3 elementos componentes, los que mediante su mutua combinación permiten el logro de todas las medidas modulares (con incrementos muy bajos), a partir de un número que él denominó "Número Crítico". Por ser de gran interés para esta Tesis, haré una explicación general de tal sistema, como parte del planteamiento.

#### 4.2.2. DEFINICION DEL PLANTEAMIENTO

Por creer el autor de este trabajo, que la "Combinación de números" de Dunstone, es un sistema modular que cumpliría con los requerimientos de flexibilidad que necesita un diseñador, considerando una aplicación hacia el diseño arquitectónico; y que estas posibilidades de aplicaciones que posee, aún no han sido exploradas ni mucho menos explotadas, se basa en el mismo, para el planteamiento de un sistema de prefabricación que mediante el manejo de un número muy reducido de elementos componentes, permita un manejo tan amplio de soluciones potenciales, que al final y como asunto ya previsto, se requiere el auxilio de la computadora en la formación de tales soluciones potenciales.

El planteamiento pues, se basa tanto en conceptos del autor citado, como en conceptos del autor de esta Tesis:

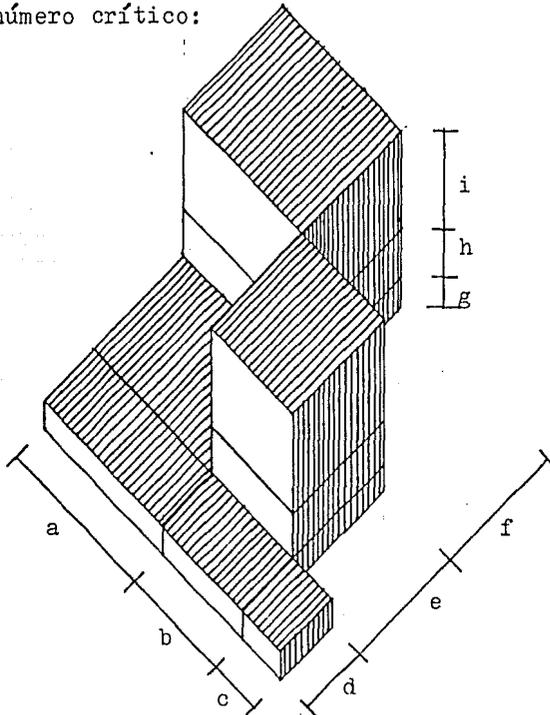
"Existen tres reglas básicas para obtener una buena combinabilidad:

1. Emplear dimensiones bajas. Entre más cerca esté de la unidad, mayor será la combinabilidad.
2. Emplear dimensiones próximas entre sí. Cuanto más cerca se encuentren entre sí las dimensiones de los ele-

mentos, en términos generales se combinarán mejor.

3. Evitar factores comunes. El empleo de valores de dimensiones que no sean primos entre sí anula su potencial de combinación." (4).

El módulo representativo que planteo es también un módulo cúbico cuyas dimensiones cumplen las tres reglas anteriores y que al combinarse permiten el logro de todas las medidas moduladas a partir del número crítico:



Se habla de medidas moduladas porque los incrementos que se logran entre dos medidas consecutivas, una inferior y otra superior, son en base a la unidad adoptada (1 mm., 1 dm., 10 mts., etc.), y a partir del número crítico todos los incrementos en tal unidad se obtienen mediante la adecuada combinación de los elementos.

(4) Ceballos L.: "La Prefabricación y la Vivienda" pp. 43.

Básicamente es un sistema modular apoyado en el principio matemático de que un número cualquiera está formado por la combinación de 2 ó 3 números primos combinados entre sí hasta lograr tal número.

Así, si pensamos que las dimensiones horizontal y vertical de un edificio conforman la fachada del mismo, y si nos restringimos a la dimensión horizontal, se puede formar con tres elementos constituyentes, pero todos de igual altura, que podrían ser: puertas, ventanas y muros. Si cada elemento se estandariza dimensionalmente en base al sistema que se está planteando, se puede entonces lograr el cubrimiento de cualquier medida de fachada superior al número crítico y medida en el sistema modular.

Ejemplo: Con dos tamaños componentes el número crítico se halla mediante la fórmula  $N.C. = (a-1) (b-1)$ .

Suponiendo una fachada con elementos de 3 y 5 metros en la dimensión horizontal y con altura uniforme:

$$N.C. = (3-1) (5-1)$$

$$N.C. = (2) (4)$$

$$N.C. = 8$$

Significa que a partir de 8 metros se lograrán todas las dimensiones con incrementos de 1 metro cada vez, combinando los elementos de 3 y 5 metros; abajo de 8 metros se conseguirán otras medidas, pero no cada metro (en este caso: 3, 5 y 6 metros.)

Así: 9 se conforma con 3 módulos de 3 mts.

10 se conforma con 2 módulos de 5 mts.

11 se conforma con 2 módulos de 3 mts. y 1 módulo de 5 mts.

12 se conforma con 4 módulos de 3 mts.

13 se conforma con 2 módulos de 5 mts. y 1 módulo de 3 mts.

14 se conforma con 3 módulos de 3 mts. y 1 módulo de 5 mts.

15 se conforma con 3 módulos de 5 mts.;

también con 5 módulos de 3 mts.

etc.

Para el caso de tres tamaños componentes hay diversas formas de obtención del número crítico:

Cuando son tres números consecutivos y el primero es par:

$$N. C. = \frac{a^2}{2}; \text{ Ejemplo: } 2, 3, 4 \quad N.C. = \frac{2^2}{2} = \frac{4}{2} = 2.$$

Si los números 2, 3 y 4 representan tres paneles de 2 dm., 3 dm. y 4 dm., el número crítico 2 significa que a partir de 2 dm. se lograrán las medidas incrementadas en 1 dm. cada vez, mediante la combinación de tales paneles.

Cuando son tres números consecutivos y el primero de ellos es impar:

$$N. C. = \frac{a(a-1)}{2}; \quad \text{Ejemplo: } 3, 4 \text{ y } 5 \text{ metros.}$$

$$N. C. = \frac{3(3-1)}{2} = \frac{3(2)}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ metros.}$$

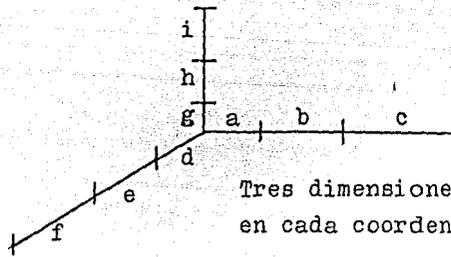
Combinando las medidas 3, 4 y 5 metros se obtendrán todas las medidas en metros, mayores o iguales a tres metros.

Cuando se trata de tres números cualquiera no necesariamente consecutivos, el cálculo se complica y Dunstone plantea una manera gráfica para hallar el número crítico. Una vez obtenido, se presenta el problema de cubrir determinada dimensión por medio de los elementos cuyas medidas corresponden a los tres números seleccionados. A medida que sea mayor la dimensión a cubrir, son mayores las posibilidades de combinación que se presentan y algunas escapan al método de tanteo, por lo que el mismo Dunstone continuó elaborando las gráficas que dan con exactitud la cantidad y calidad de combinaciones posibles de tres elementos para lograr una dimensión dada.

Es un proceso muy complejo y lento; ésto se multiplica por 3 al aplicar este sistema en las tres direcciones X, Y, Z, pues en cada una se pueden manejar elementos componentes diferentes.

De este concepto se puede pasar al manejo de volúmenes modulares conformados por los elementos componentes del módulo cúbico, cuyas posiciones en cada coordenada pueden combinarse y formar cada vez un módulo cúbico diferente.

Las posibilidades de combinación se incrementan a tal grado, que se hace imposible manejar esta información por métodos de tanteo o gráficos; es decir, no se puede manejar bajo métodos manuales.



Tres dimensiones diferentes en cada coordenada.

Mediante un sistema generativo, la computadora puede almacenar cada elemento componente y generar las combinaciones factibles para 1, 2 ó 3 coordenadas a partir de 2 ó 3 elementos componentes en cada una de ellas.

Las posibilidades de aplicación de este sistema modular en el diseño son tan amplias como nunca se han tenido en ningún sistema industrializado. Si en un sistema tradicional de diseño, con materiales tradicionales, se puede hablar de la flexibilidad proporcionada por el tabique, que permite la variación de espacios en dimensiones mínimas, un sistema modular como el descrito permitirá incrementos de la misma proporción que los dados por el tabique, con la ventaja de estar utilizando 2 ó 3 elementos componentes de grandes dimensiones.

#### 4.2.3. AUTOMATIZACION DEL SISTEMA MODULAR DE DISEÑO

La computadora debe ser la herramienta en la búsqueda de la solución más adecuada al problema específico de diseño y no debe imponer soluciones. Visto desde este ángulo, la computadora genera soluciones potenciales que cumplan las restricciones y requerimientos impuestos por el diseñador.

El sistema computarizado básico debe funcionar independientemente de las dimensiones modulares de un proyecto específico, es decir debe aceptar las dimensiones que el diseñador desee utilizar y no estar restringido a un solo sistema cerrado de prefabricación; así por ejemplo, pueden concebirse dentro de un solo proyecto de vivienda, áreas diseñadas a partir de elementos producidos por fábricas diferentes, pero que han partido todas del mismo sistema modular y dimensional.

La aplicación de este sistema está prevista, por ahora, para obras pequeñas, principalmente vivienda, para aprovechar sus características prefabricadas de autosoporte. (Aunque la estructura puede funcionar en dimensiones diferentes a las dadas por los elementos componentes)

La utilización de la computadora se hace necesaria, pues en casos que pueden parecer tan sencillos como hallar la combinación de tres elementos en una sola dimensión, a partir de cierta medida, generalmente muy baja, el método de tanteo no funciona y el método gráfico se vuelve lento y aburrido.

Así pues, se plantea la elaboración de un sistema de cómputo, interactivo y generativo, que pueda dialogar con el diseñador hasta llegar a una solución satisfactoria. Aunando a ello la posibilidad de graficación y trazado de planos se completaría el sistema.

En los anexos de esta Tesis se exponen ejemplos de los programas de cómputo desarrollados por el autor de la misma. Tales programas se basan en el manejo de hasta tres módulos en los espacios de una y dos dimensiones, que establecen el punto de partida para la elaboración de diseños arquitectónicos, bajo procedimientos generativos, en tales espacios.

## CONCLUSIONES.

"La computadora en la resolución de problemas arquitectónicos" fué el título seleccionado para este trabajo como motivo para explorar la capacidad de esta nueva tecnología de computadoras en manos de un arquitecto enfrentado a problemas que debe resolver.

Puesto que un tema así es muy amplio y se corre el riesgo de perderse en aplicaciones computarizadas ya de sobra utilizadas y comprobadas, quise particularizar en un tema de gran expectativa y actualidad: el diseño y la computadora.

Una tercera jerarquía, necesaria para enfocar aún más los planteamientos me llevó al problema de la modulación, visto desde los procesos de diseño y construcción.

Todo ello como labor del arquitecto, me llevó a la realización de todos los enunciados planteados en este trabajo, los que se pueden resumir y concluir de la siguiente manera:

La ubicación del arquitecto al usar la tecnología de la computadora es la primera gran conclusión. El arquitecto en su profesión generalmente no investiga sino que aplica conocimientos y experiencias; por lo mismo, no es función del arquitecto en su práctica profesional asumir el papel de investigador en computación para encontrar los problemas arquitectónicos que sean aptos para plantearse a la máquina. Ya al comienzo del trabajo planteé el giro a ciento ochenta grados respecto de una posición así; posición que por desgracia es muy común entre los arquitectos atraídos por la máquina. Y es que la computación es una trampa; una vez que se ha caído en ella no se puede salir, o mejor, debiera decir: no se quiere salir; y este deseo puede distorsionar la forma de enfrentar esta situación. Entonces, el papel del arquitecto frente a la computación, es verla desde la esquina de la Arquitectura y aprender a detectar los problemas que pueden ser mejor resueltos por la máquina y no pretender resolverlos todos y cada uno a través de la computadora por el solo hecho de tenerla al alcance. Una vez detectado un problema así, el trabajo interdisciplinario con el experto en computación permitirá llegar al objetivo: resolver tal problema más eficientemente que

por cualquier otro medio. Así, tanto se aprovechan las capacidades del arquitecto, como del computólogo y de la máquina de una manera óptima.

El diseño arquitectónico en general, es un tipo especial del proceso de resolución de problemas, que mientras mantenga sin es clarecer sus complejidades y las relaciones internas del diseñador al crear una forma, es claramente un tipo de problema no estructurado ni bien definido y por lo mismo no es apto para ser tratado por computadora, actualmente; y ésta es la segunda gran conclusión. Así que, el arquitecto al aprender a detectar los problemas que son mejor resueltos por la computadora que por cualquier otro medio, debe entender al proceso de diseño arquitectónico como el problema de mayor complejidad y entonces estudiar cuidadosamente los diversos procedimientos de diseño para definir aquel o aquellos, si es que los hubiere, que sí pueden recibir un apoyo en la máquina computadora. La principal dificultad se presenta al tratar de incorporar la computadora al mundo real, en que en algún momento esa realidad debe representarse (quizás: reducirse?) a una forma binaria y aún no ha podido representarla.

Tomo aquí una cita de Christopher Alexander: "Una forma tiene una estructura definida, sustancial y funcional.....Cuando las relaciones internas que van a convertirse en forma sean mejor conocidas, será inconcebible considerar al computador de otra manera que un simple medio. Es un invento maravilloso, casi milagroso. Como más comprendamos la naturaleza compleja de la forma y la naturaleza compleja de la función, más necesitaremos la ayuda del computador cuando decidamos crear una forma" (1).

Quando el análisis, la síntesis y la evaluación de la información requeridos para llegar a una solución óptima de diseño sean tan claros y sean totalmente conocidos como en el "diseñador como ordenador-caja de cristal" que plantea Christopher Jones, se podrá plantear un diseño totalmente racional y cuantitativo y entonces la computadora será herramienta útil, necesaria y quizás

(1) Ch. Alexander: "La Estructura del Medio Ambiente" pp. 14-15.

imprescindible en el proceso de diseño que ahora conocemos como tradicional.

Sin embargo, nos encontramos con métodos modernos de construcción industrializada que operan bajo sistemas de coordinación dimensional y modular que contienen un alto grado de racionalidad en el diseño. El profesor inglés D.H. Matthews, experto en sistemas de coordinación dimensional en la práctica constructiva, dice: "El tema es complejo porque no puede tratarse de forma separada a los procesos de diseño. El tiene que relacionar los requerimientos del usuario, la planeación de edificios, los métodos de construcción y los componentes." (2), siempre refiriéndose a la coordinación dimensional. Al considerar un sistema de prefabricación que mediante el uso de pocos componentes permita una gran variabilidad en su ensamblaje y con ésto dar una gran flexibilidad en el diseño, se están dando los elementos de un sistema generativo de diseño. El proceso de selección de elementos puede hacerse por tanteo o gráficamente; sin embargo ésto acarrea una gran demanda de tiempo en su elaboración y por ésto se acude a la computadora como medio para llegar a la definición cuantitativa y cualitativa de los elementos componentes. Se puede concluir que el proceso de diseño generativo sí admite su elaboración con la ayuda de la máquina.

Por otro lado, la tecnología rara vez se asocia con los problemas sociales. Detrás de la arquitectura está el problema social de la vivienda; el que por otro lado, nada más puede dejarse nombrado en este trabajo y en lo que al arquitecto corresponde se vislumbra el desarrollo tecnológico y su utilización en relación a la vivienda. La conclusión al respecto se concreta en la determinación de que ningún sistema tradicional de diseño y/o construcción logrará satisfacer la demanda en viviendas en América Latina. La alternativa es la tecnología y una próxima a nosotros en tiempo y experimentación es la Industrialización de la Construcción, de tal forma, que no por tratar de solucionar un problema, genere los que actualmente propicia la prefabricación:

(2) Matthews: "Course on Planning and Building" pp. 1.

uniformidad, monotonía, pocos prototipos realizables a partir de los elementos componentes, etc. Además, los sistemas de prefabricación destinados a la vivienda son pocos y más abundantes son los que tienen soluciones a los problemas de grandes estructuras destinadas a usos diversos. El sistema propuesto permite su utilización en soluciones de vivienda y su combinabilidad con sistemas de prefabricación ya en uso (ej.: vigueta y bovedilla); pues su flexibilidad en las variaciones dimensionales permite el cubrimiento de cualquier medida cuya variación no sea menor a diez centímetros, para hacer del sistema un sistema práctico con pocos componentes. El uso de la computadora en la selección de los elementos y su combinatoria aporta una segunda tecnología al servicio de la búsqueda de soluciones al problema de la vivienda.

El sistema planteado está abierto al uso de todos los tipos de materiales que permitan su prefabricación. El uso del sistema puede desarrollarse en 1, 2 ó 3 dimensiones, según el caso. El más complejo es el trabajo con unidades volumétricas totalmente moduladas y cuya conformación obedece a dimensiones básicas del mismo sistema (ej.: unidades de cocina, baños, etc.), que pueden ensamblarse en el mismo sitio de obra. La computadora puede trabajar con estas unidades volumétricas.

Es totalmente factible la aplicación de otros desarrollos de problemas arquitectónicos específicos, en el sistema (instalaciones, costos, estructura, ruta crítica, etc.).

El uso de la computadora como herramienta en la expresión gráfica es algo que le pertenece de por sí al arquitecto; reconociendo el cambio cualitativo entre los conceptos de manipulación de información textual y numérica, a manipulación de información gráfica. El dibujo en la computadora se convierte en un problema codificable y bien estructurado.

Teniendo pues todo este panorama, podemos decir que el arquitecto, como modificador de espacios buscando con ello satisfacer las necesidades humanas de climatización y vida social requeridas para poder realizar todas las actividades que nos hemos impuesto, es el guía que debe llevar hacia el logro de tales actividades, de una forma satisfactoria. Durante siglos el arquitecto

to ha trabajado como artista y como científico. Esta dualidad le permite explorar por múltiples caminos la solución a los problemas que se le presentan. Dentro del Programa de Maestrías en Arquitectura, corresponde al Area de Tecnología explorar el método científico y con ello la utilización de las tecnologías que puede desarrollar o apropiarse. Dentro de éstas se incluyen las asignaturas de Métodos Cuantitativos de Diseño, Investigación de Operaciones y Computación Electrónica; ha sido este conjunto de materias las que motivaron la selección del tema de Tesis, selección que se propuso explorar la tecnología de computadoras y su relación con la Arquitectura.

El arquitecto tanto ha desarrollado tecnologías, como se ha apropiado de aquellas que le proporcionan un apoyo en el desempeño de su labor. Al estar frente a la computadora, el arquitecto ha adoptado diversas posiciones; algunas no han significado ningún logro, otras han tenido resultados satisfactorios, pues al apoyarse mutuamente hombre y máquina, se han obtenido aplicaciones que auxilian de muchas formas la tarea arquitectónica, principalmente en problemas específicos, cuantificables, codificables y bien estructurados. Sin embargo al observar las aproximaciones que se han hecho respecto al proceso de diseño y su resolución por medio de computadoras, se concluye su ingenuidad en la mayoría de los casos, puesto que se han tratado de llevar procesos analíticos automáticos de diseño, que carecen por supuesto de los factores no cuantificables que influyen en la búsqueda de un diseño y que por sus características no son codificables; esto, de por sí anula la obtención de una respuesta satisfactoria.

Por otro lado, la Arquitectura como responsable de dar solución a los grandes problemas de demanda en todo tipo de edificios y especialmente en vivienda, debe buscar las fórmulas que le permitan acercarse a tal solución. Una de ellas es la Industrialización de la Construcción, la que conlleva los conceptos de Prefabricación y Coordinación Dimensional; y principalmente que se sitúa dentro de los procesos generativos de diseño. El desarrollo de la Construcción Industrializada ha traído consigo tanto soluciones, como problemas de los que se puede citar la mo

notonía principalmente, al analizar las causas de ello se define que es el sistema de coordinación dimensional y modular el que la origina. Ante ésto, encontramos en el sistema de Combinación de Números de Dunstone, una técnica que al mantener el sistema industrializado de construcción, evita el problema señalado, permitiendo tal número de combinaciones de elementos que se requiere de algún método auxiliar para encontrarlas. La computadora es la herramienta que puede ayudar en tal labor, y así ya podemos hablar de un Sistema Generativo de Diseño Auxiliado por Computadora, tomándolo tanto en el proceso mismo de diseño, como en la producción de planos y demás información gráfica con que se expresa el arquitecto.

La síntesis que se deriva de todas las conclusiones enunciadas, es que la computadora sí tiene una gran participación en la resolución de problemas arquitectónicos. Particularmente en el Diseño Arquitectónico, la ayuda se refiere a los Sistemas Generativos de Diseño; y debido a la estrecha relación de éstos últimos con los Sistemas de Prefabricación, se puede definir una relación inmediata entre Computación y Prefabricación. La Computadora es así una herramienta que nos permite el logro de innumerables alternativas formales, que guiadas por las restricciones impuestas por el diseñador, y bajo un sistema de prefabricación, nos definirá la forma que puede adoptar la solución arquitectónica a un problema dado.

Así pues, el arquitecto puede tener en la computadora un auxiliar en su trabajo; primero, en la generación de diseños; y luego, en la expresión de los mismos; tomando de esta forma a la máquina como una tecnología que sí le corresponde conocer, explorar y apropiarse.

## BIBLIOGRAFIA:

1. GERO, John S.: "Computer Applications in Architecture"  
Ed. Applied Science Publishers Ltd.; Londres, 1977.
2. REYNOLDS, R. A.: "Computer Methods for Architects"  
Ed. Butterworth & Co.; Londres, 1980.
3. REYNA G., Francisco: "Elementos Científicos del diseño y la programación arquitectónica"  
Tesis de Maestría en Arquitectura, en el Area de Tecnología, UNAM, 1981.
4. CHRISTOPHER ALEXANDER: "La Estructura del Medio Ambiente"  
Tusquets Editor; Barcelona, 1971.
5. CHRISTOPHER ALEXANDER: "Ensayo sobre la síntesis de la forma"  
Ediciones Infinito; Buenos Aires, 1976.
5. MITCHELL, William J.: "Computer-Aided Architectural Design"  
Ed. Petrocelli/Charter; Nueva York, 1977.
6. GUTTRIDGE, Bryan y WAINWRIGHT, Jonathan R.: "Computers in Architectural Practice"  
Ed. Crosby Lockwood Staples; Londres, 1973.
7. HUNT, Roger y SHELLEY, John: "Computadores y Sentido Común"  
Ed. Prentice/Hall Internacional; Madrid, 1977.
8. PATERSON, John: "Métodos de Información para diseño y construcción"  
Ed. Limusa; México, 1982.
9. CEBALLOS L., Héctor: "La Prefabricación y la Vivienda en México"  
UNAM; México, 1973.
10. PROTEO, Enciclopedia Científica: "Computadoras e Informática"; Volúmenes 17 y 18.  
Ed. SEP Promexa; México, 1982.
11. MIRAFUENTES, José: "Diseño Gráfico por Computadoras Arquitectónico, Estructural y Urbanístico"  
Ed. Centro de Investigaciones Arquitectónicas, UNAM; México.
12. BROADBENT, Geoffrey: "Diseño Arquitectónico"  
Ed. Gustavo Gili; Barcelona, 1976.

13. CHRISTOPHER JONES, J.: "Métodos de Diseño"  
Ed. Gustavo Gili; Barcelona, 1976.
14. ELLIOT, David y CROSS, Nigel: "Diseño, Tecnología y Participación"  
Ed. Gustavo Gili; Barcelona 1980.
15. GOMEZ, Gabriela y otras: "Introducción a la Computación"  
Ed. Centro de Servicios de Cómputo, UNAM; México, 1980.
16. MATTHEWS, D.H.: "Dimensional co-ordination in building practice"  
Ed. International Course on Planning and Building, ponencia mimeografiada; Rotterdam, 1969.
17. DUNSTONE, P.H.: "Combinations of Numbers in Buildings"  
Ed. The Estates Gazette Limited; Londres, 1968.
18. LEOZ, Rafael: "Redes y Ritmos Espaciales"  
Ed. UNAM; México, 1981.
19. MARCH Lionel y STEADMAN, Philip: "The Geometry of Environment"  
Ed. Riba Publications Limited; Londres, 1971.
20. MARCH, Lionel: "Environment and Planning B " (revista)  
1981, volumen 8, pags.: 325-332.

## ANEXOS

Los anexos están conformados por varios programas de cómputo, que fueron desarrollados en las instalaciones del Programa Universitario de Cómputo y de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La Estructura Física (Hardware), utilizada fué:

- Computadora Burroughs B-7800.
- Terminal Alfanumérica Adds.
- Terminal graficadora Tektronix.
- Trazador (Plotter), Tektronix.

La Estructura Lógica (Software), utilizada fué:

- Programas en lenguaje Fortran.
- Subrutinas para graficación en equipos Tektronix.

Los programas se desarrollaron con base a los planteamientos hechos con respecto a los Sig temas Generativos de Diseño; así, los programas están orientados hacia el diseño y grafica ción de distintos tipos de espacios unidimensionales y bidimensionales, por medio de retículas moduladas en base al concepto de la combinatoria de hasta tres módulos que conforman una dimensión dada.

El primer programa, aunque no es graficador, es la base para todos los programas de grafi cación, ya que a través de él, se seleccionan los módulos A,B,C y la dimensión a cubrir con tales módulos. El resultado de este programa es una lista de la cantidad de combina- ciones que existen para llenar la dimensión D.

Los siguientes programas, que son los de graficación, incluyen en su primera parte al programa descrito anteriormente, para así poder seleccionar directamente la modulación que se desea graficar. Al comunicarle a la máquina cual es la combinación seleccionada, se transfiere el control a la terminal graficadora, la que dibuja el resultado correspondiente.

Por las limitaciones físicas de la pantalla, es recomendable que los módulos se seleccionen a partir de una decena como unidad mínima. Si no se requiere el resultado gráfico, y se está corriendo el programa "Combi", sí es posible comenzar con el número 1 como unidad mínima.

También se incluyen dos anexos más, que consisten en la graficación de una fachada; y finalmente, en el trabajo de animación de una perspectiva.

Las aplicaciones que se pueden derivar de los programas desarrollados, son tantas como la imaginación lo permita. Algunas de ellas son:

- Diseño de espacios, en base a elementos prefabricados ya determinados (diseño generativo)
- Diseño Urbano; tomando a los módulos como lotes.
- Diseño de losas de piso.
- Ampliación de las capacidades del diseño sobre redes. Por ejemplo: ampliación del trabajo de "Redes y ritmos espaciales" de Rafael Leoz. (ver bibliografía)
- Transfiriendo el concepto a espacios tridimensionales, se puede diseñar generativamente cualquier elemento tridimensional, dentro del sistema modular.

ANEXO No. 1 : "PROGRAMA COMBI".

Este programa es el desarrollo computarizado del sistema de modulación de tres unidades, que cubren una dimensión dada.

Como se vió en el Capítulo 4, pags. 68-73, el sistema de combinación de números planteado, se basa en la modulación conformada por 2 ó 3 tamaños componentes, los que a partir de un número determinado, número crítico, y mediante su combinación, permiten el cubrimiento de cualquier número o medida modulada; es decir, que esté en las mismas unidades de los módulos componentes.

El desarrollo del programa de cómputo, es una colaboración del Maestro en Arquitectura Francisco Reyna Gómez, quién es el Director de esta Tesis.

R COMBZ  
R0000178 1410

ROBERT W. BERNSTEIN

BY

7-9-74

STANDARD 45.00

NUMBER

3.00 5.00 7.00

CONFIRMATION 1 0 0 0

CONFIRMATION 2 0 0 0

CONFIRMATION 3 1 0 0

CONFIRMATION 4 1 0 1

CONFIRMATION 5 2 0 2

CONFIRMATION 6 3 0 3

CONFIRMATION 7 4 1 1

CONFIRMATION 8 5 0 0

CONFIRMATION 9 5 0 1

CONFIRMATION 10 7 0 2

CONFIRMATION 11 8 0 3

CONFIRMATION 12 10 0 0

CONFIRMATION 13 11 1 1

CONFIRMATION 14 15 0 0

TOTAL 45.00

NUMBER

3.00 5.00 7.00

RECEIVED BY 9 11 1 1

SECRET

IDENTIFICATION

NUMBER OF DIMENSIONS

27

A=50.0 B=50.0 C=175

DIMENSION 175.00

NOISES

8.5013.00 2.00

CONSTRUCTION 1 0 2 54

CONSTRUCTION 2 0 2 22

CONSTRUCTION 3 0 10 0

CONSTRUCTION 4 1 3 14

CONSTRUCTION 5 1 2 17

CONSTRUCTION 6 2 0 61

CONSTRUCTION 7 2 4 34

CONSTRUCTION 8 2 0 7

CONSTRUCTION 9 3 1 51

CONSTRUCTION 10 3 5 24

CONSTRUCTION 11 4 2 41

CONSTRUCTION 12 4 6 14

CONSTRUCTION 13 5 3 34

CONSTRUCTION 14 5 2 3

CONSTRUCTION 15 6 0 48

CONSTRUCTION 16 6 4 21

CONSTRUCTION 17 7 1 33

CONSTRUCTION 18 7 5 14

CONSTRUCTION 19 8 2 28

CONSTRUCTION 20 8 4 7

CONSTRUCTION 21 9 3 16

CONSTRUCTION 22 10 0 33

CONSTRUCTION 23 10 4 5

CONSTRUCTION 24 11 1 25

CONSTRUCTION 25 11 2 13

CONSTRUCTION 26 12 3 5

CONSTRUCTION 27 12 0 22

CONSTRUCTION 28 13 1 17

CONSTRUCTION 29 14 2 5

CONSTRUCTION 30 14 0 9

DIMENSION 135.00

NOISES

8.5013.00 2.00

BEV=1203.0 PV=0.2 TV=0.1

## ANEXO No. 2 : "PROGRAMA LINEAS".

Este programa, luego de correr la primera parte, cuando ya tiene los módulos A, B y C, y la dimensión D, solicita la combinación seleccionada. Al comunicarla a la máquina, grafica inicialmente una recta horizontal de dimensión D, y a partir de las coordenadas X,Y. Luego, regresa el cursor a la misma coordenada y dibuja un segmento vertical que cruza a la recta D en tal punto; continúa dibujando segmentos verticales similares, distanciados entre sí, de acuerdo a:

I veces el módulo A

J veces el módulo B

L veces el módulo C, hasta completar la dimensión D de la recta horizontal.

El resultado final es una recta horizontal D, con marcas o divisiones entre los módulos lineales que la conforman.

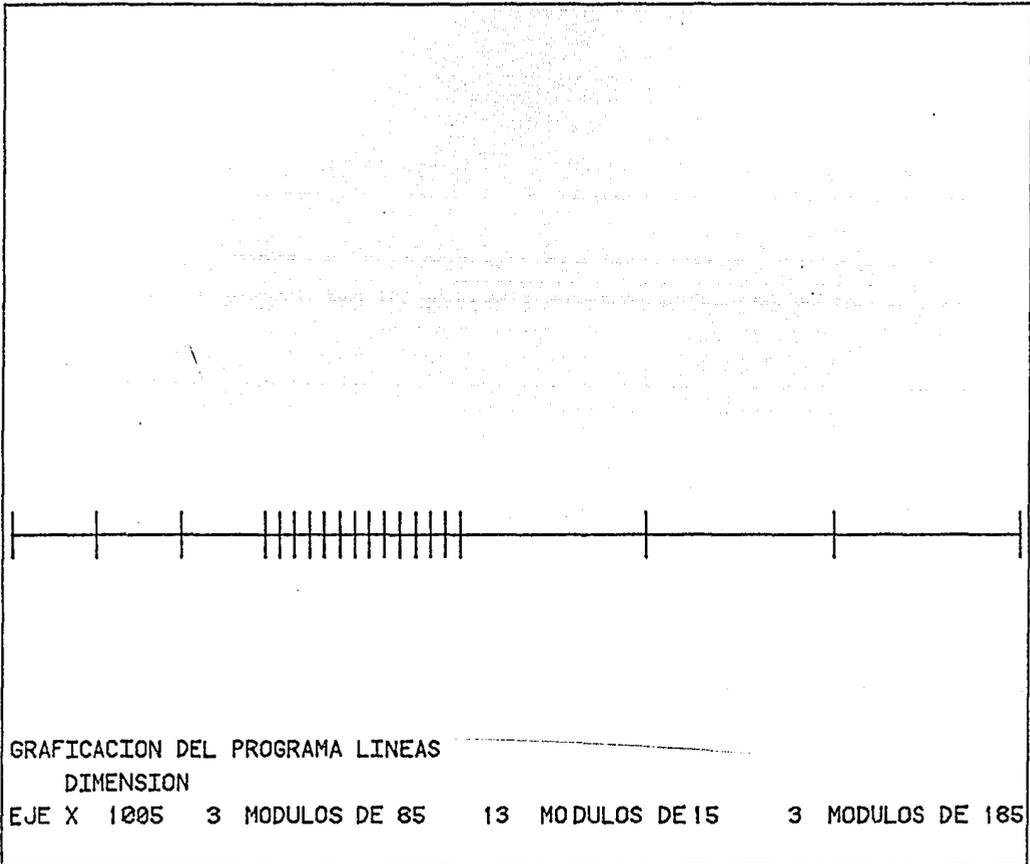
Parámetros de la gráfica: Valor máximo de D = 1013 unidades.

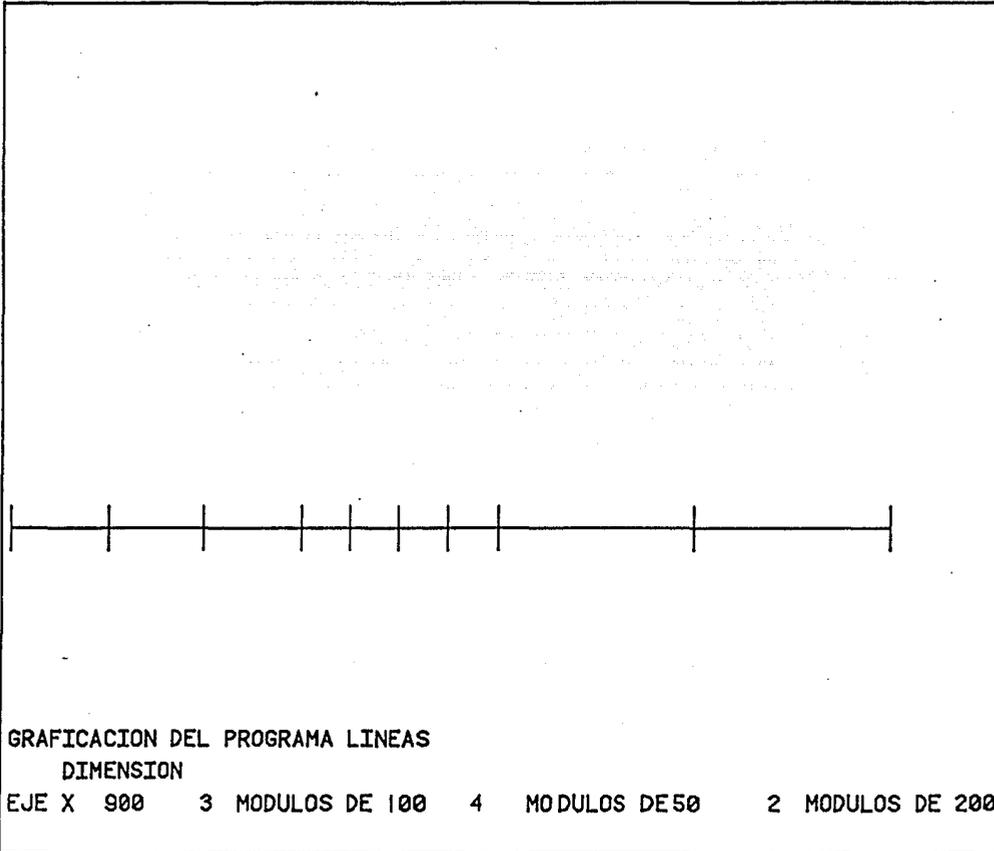
```

25      (W)                                00000025
100     C* .....                                00000100
200     C* .....                                00000200
300     C* .....                                00000300
400     C* .....                                00000400
500     C* .....                                00000500
600     C* .....                                00000600
700     C* .....                                00000700
800     C* .....                                00000800
900     C* .....                                00000900
1000    C* .....                                00001000
1100    C* .....                                00001100
1200    C* .....                                00001200
1300    C* .....                                00001300
1400    C* .....                                00001400
1500    C* .....                                00001500
1600    C* .....                                00001600
1700    C* .....                                00001700
1800    C* .....                                00001800
1900    C* .....                                00001900
2000    C* .....                                00002000
2100    C* .....                                00002100
2200    C* .....                                00002200
2300    C* .....                                00002300
2400    C* .....                                00002400
2500    C* .....                                00002500
2600    C* .....                                00002600
2700    C* .....                                00002700
2800    C* .....                                00002800
2900    C* .....                                00002900
3000    C* .....                                00003000
3100    C* .....                                00003100
3200    C* .....                                00003200
3300    C* .....                                00003300
3400    C* .....                                00003400
3500    C* .....                                00003500
3600    C* .....                                00003600
3700    C* .....                                00003700
3800    C* .....                                00003800
3900    C* .....                                00003900
4000    C* .....                                00004000
4100    C* .....                                00004100
4200    C* .....                                00004200
4300    C* .....                                00004300
4400    C* .....                                00004400
4500    C* .....                                00004500
4600    C* .....                                00004600
4700    C* .....                                00004700
4800    C* .....                                00004800
4900    C* .....                                00004900
5000    C* .....                                00005000
5100    C* .....                                00005100
5200    C* .....                                00005200
5300    C* .....                                00005300
5302    C* .....                                00005302
5304    C* .....                                00005304
5306    C* .....                                00005306
5308    C* .....                                00005308
5310    C* .....                                00005310
5312    C* .....                                00005312
5314    C* .....                                00005314
5316    C* .....                                00005316
5318    C* .....                                00005318
5320    C* .....                                00005320

```







ANEXO No. 3 : "PROGRAMA SECUENCIAS".

La primera parte del programa define los módulos A, B y C; y la dimensión D. Al comunicarle la combinación seleccionada, el programa dibuja dos líneas horizontales paralelas, de dimensión D y separadas entre sí por la distancia H. A continuación dibuja las rectas verticales, que unen a las anteriores, separadas entre sí de acuerdo a la siguiente modulación: I veces el módulo A,  
J veces el módulo B y  
L veces el módulo C, hasta llenar la dimensión horizontal D.

El resultado final es una secuencia de módulos A,B,C que llenan la dimensión horizontal D, con una altura H.

Parámetros de la gráfica: Valor máximo de D = 1013 unidades.  
Valor máximo de H = 649 unidades.

```

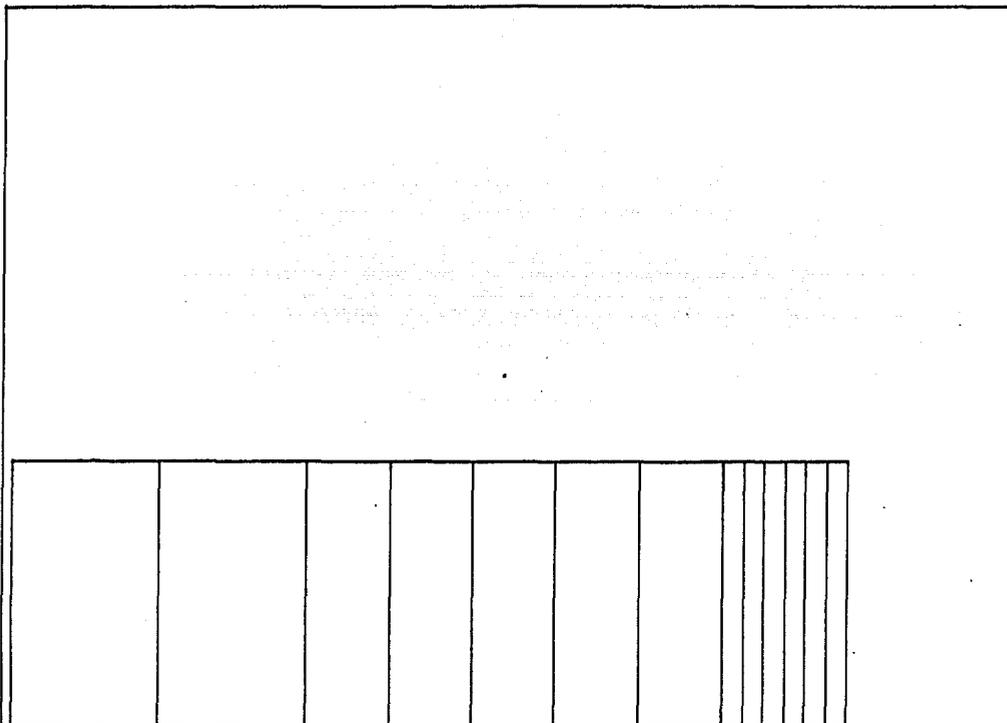
100 C* .....
200 C* .....
300 C* :   PROGRAMA "SECUENCIAS"   :
400 C* :   .....
500 C* :   DESARROLLADO POR:
600 C* :   .....
700 C* :   .....
800 C* :   .....
900 C* :   APO. GERMAN I. GARCIA CORREDOP   :
1000 C* :   .....
1100 C* .....
1200 C* COMO PARTE DE LA TESIS DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA,
1300 C* EN EL APEA DE TECNOLOGIA.
1400 C* UNAM. CIUDAD DE MEXICO, FEBRERO-1984
1500 C*
1600 FILE 3=TTYD11,UNIT=REMOTE,RECORD=256
1700 PRINT 1
1800 1 FORMAT (' MODULOS Y DIMENSION EN EL EJE X?')
1900 READ (3,7) A,H,C,D
2000 PRINT 7,D,A,H,C
2100 7 FORMAT (' DIMENSION',F7.2/' MODULOS',12X,3F5.2)
2200 DO 4 I=0,D/A
2300 DO 4 J=0,D/B
2400 Z=(D-A*I-H*J)/C
2500 L=INT(Z)
2600 IF (L.LE.7.OR.Z.LT.0) GO TO 4
2700 K=K+1
2800 PRINT 6,K,I,J,L
2900 6 FORMAT (' COMBINACION',I5,3X,3I5)
3000 4 CONTINUE
3100 PRINT 7,D,A,H,C
3200 PRINT 2
3300 2 FORMAT ("¿COMBINACION SELECCIONADA?")
3400 READ(3,7)I,J,L
3500 PRINT 6
3600 9 FORMAT (' ¿DIMENSION EN EL EJE Y?')
3700 READ(3,7)H
3800 CALL INICIO (3,C,C,2400)
3900 CA SE GRAFICAN LAS DOS RECTAS HORIZONTALES
4000 X=10;Y=150
4100 S=D+X
4200 T=Y+H
4300 CALL GRAF (X,Y,S,1)
4400 CALL GRAF (S,Y,T,1)
4500 CALL GRAF (X,T,S,1)
4600 CALL GRAF (S,T,T,1)
4700 C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "A",HASTA LA DIMENSION "I"
4800 P=A*I+X
4900 DO 10 M1=X,P,A
5000 CALL GRAF (M1,Y,T,1)
5100 CALL GRAF (M1,T,H,1)
5200 10 CONTINUE
5300 C*
5400 C*
5500 C*
5600 C*
5700 C*
5800 C*
5900 C*
6000 C*
6100 C*
6200 C*
6300 C*
6400 C*
6500 C*
6600 C*
6700 C*
6800 C*
6900 C*
7000 C*
7100 C*
7200 C*
7300 C*
7400 C*
7500 C*
7600 C*
7700 C*
7800 C*
7900 C*
8000 C*
8100 C*
8200 C*
8300 C*
8400 C*
8500 C*
8600 C*
8700 C*
8800 C*
8900 C*
9000 C*
9100 C*
9200 C*
9300 C*
9400 C*
9500 C*
9600 C*
9700 C*
9800 C*
9900 C*

```

5322  
5324  
5326  
5328  
5330  
5332  
5334  
5400  
5500  
5600  
5700  
5800  
5900  
6000  
6100  
6200  
6300  
6400  
6500  
6600  
6700  
6800  
6900  
7000  
7100  
7200  
7300  
7400  
7500  
7600  
7700  
7800  
7900  
8000  
8100  
8200  
8300  
8400  
8500  
8600

C\*  
C\*  
C\*  
C\*  
C\*  
C\*  
C\* SE GRAFICAN LOS MODULOS "B",HASTA LA DIMENSION "J"  
Q=P\*J+P  
DO 20 M2=P,Q,R  
5700 CALL GRAF (M2,Y,Q,J)  
5800 CALL GRAF (M2,T,Q,1)  
5900 20 CONTINUE  
C\* SE GRAFICAN LOS MODULOS "C",HASTA LA DIMENSION "L"  
R=C\*L+Q  
6200 DO 30 M3=Q,R,C  
6300 CALL GRAF (M3,Y,Q,J)  
6400 CALL GRAF (M3,T,Q,1)  
6500 30 CONTINUE  
6600 CALL TEXTO(10,100,0,35)GRAFICACION DEL PROGRAMA SECUENCIAS,(35)  
6700 CALL TEXTO(64,70,0,5)DIMENSION,(5)  
6800 CALL TEXTO(10,40,0,1)DIBUJE X MODULOS DE MO,(40)  
6900 CALL TEXTO(6,0,1,33)MODULOS DE MODULOS DE ,33)  
7000 CALL NUMERO(110,40,0,D,-1)  
7100 CALL NUMERO(210,40,0,I,-1)  
7200 CALL NUMERO(430,40,0,A,-1)  
7300 CALL NUMERO(430,40,0,J,-1)  
7400 CALL NUMERO(690,40,0,Q,-1)  
7500 CALL NUMERO(750,40,0,L,-1)  
7600 CALL NUMERO(930,40,0,C,-1)  
7700 CALL TEXTO(10,140,0,1)DIBUJE Y ,10)  
7800 CALL NUMERO(110,10,0,H,-1)  
7900 CALL GRAF (0,0,0,0)  
8000 CALL GRAF (1023,0,1,1)  
8100 CALL GRAF (0,779,1,1)  
8200 CALL GRAF (-1023,0,1,1)  
8300 CALL GRAF (0,-779,1,1)  
8400 CALL WANDA  
8500 STOP  
8600 END

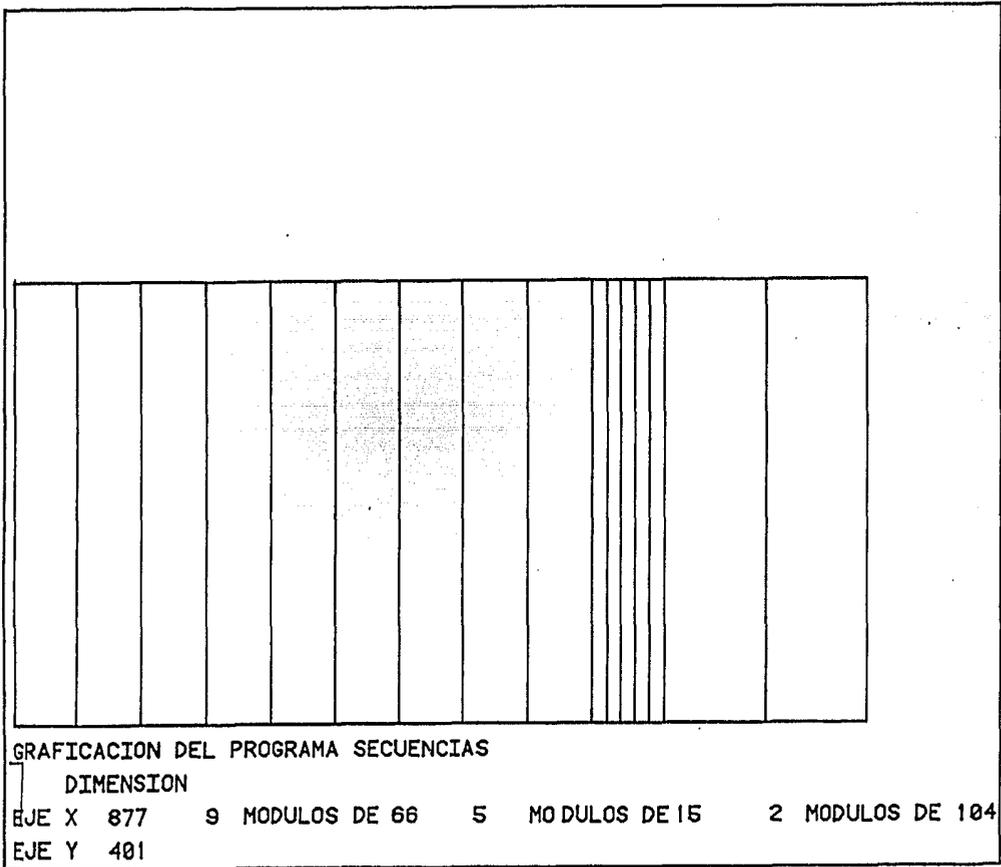
00005322  
00005324  
00005326  
00005328  
00005330  
00005332  
00005334  
00005400  
00005500  
00005600  
00005700  
00005800  
00005900  
00006000  
00006100  
00006200  
00006300  
00006400  
00006500  
00006600  
00006700  
00006800  
00006900  
00007000  
00007100  
00007200  
00007300  
00007400  
00007500  
00007600  
00007700  
00007800  
00007900  
00008000  
00008100  
00008200  
00008300  
00008400  
00008500  
00008600

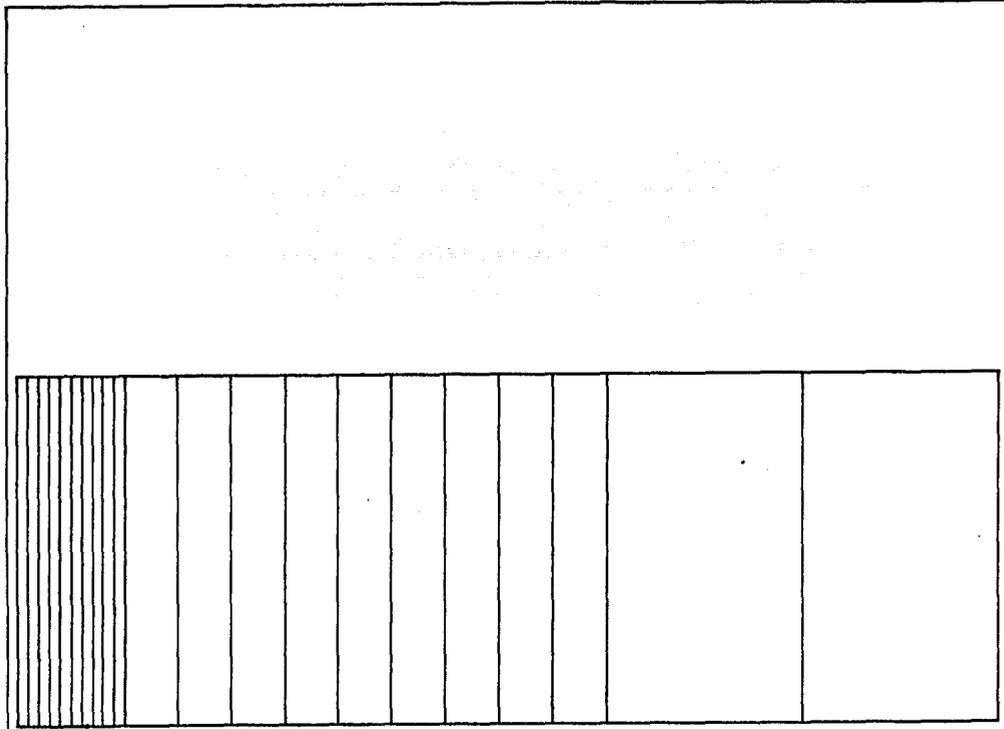


GRAFICACION DEL PROGRAMA SECUENCIAS

DIMENSION

EJE X	846	2	MODULOS DE 160	5	MODULOS DE 64	6	MODULOS DE 21
EJE Y	240						





**GRAFICACION DEL PROGRAMA SECUENCIAS**

**DIMENSION**

EJE X 1003 10 MODULOS DE 11 9 MODULOS DE 55 2 MODULOS DE 199  
EJE Y 315

ANEXO No. 4 : "PROGRAMA CUADROS".

Luego de correr la primera parte, y de seleccionar la combinación I,J,I de módulos A,B,C, el programa grafica las rectas horizontales con dimensiones D y separadas entre sí, modularmente así: I veces el módulo A,

J veces el módulo B y

L veces el módulo C, hasta completar la dimensión vertical D. Luego, dibuja las rectas verticales tomando los mismos módulos anteriores y bajo la misma combinación seleccionada, hasta completar la dimensión horizontal D.

El resultado final es una retícula cuadrada, de dimensiones D x D, cuyos módulos obedecen a la forma descrita.

Parámetros de la gráfica: Valor máximo de D = 649 unidades.

```

100 CA .....
200 CA* .....
300 CA*   PROGRAMA "CUADROS"   .....
400 CA* .....
500 CA* .....
600 CA*   DESARROLLADO POR:   .....
700 CA* .....
800 CA* .....
900 CA*   ANO. GERMAN I. GARCIA CORREDOR .....
1000 CA* .....
1100 CA* .....
1200 CA* COMO PARTE DE LA TESIS DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA,
1300 CA* EN EL AREA DE TECNOLOGIA.
1400 CA* UNAM. CIUDAD DE MEXICO, FERRERO-1984
1500 CA* .....
1600 CA* .....
1700 FILE 3=TTY011,UNIT=REMOTE,RECORD=256
1800 PRINT 1
1900 1 FORMAT (' MODULOS Y DIMENSION')
2000 HEAD (3,/) A,B,C,D
2100 PRINT 7,F,A,B,C,D
2200 7 FORMAT (' DIMENSION',F7.2,' MODULOS',12X,3F5.2)
2300 DO 4 J=1,D/A
2400 4 J=1,D/A
2500 Z=(D-A+1-B+J)/C
2600 L=INT(Z)
2700 IF (L.AF.Z.OP.Z.LT.0) GO TO 4
2800 K=K+1
2900 PRINT 2,K,I,J,L
3000 2 FORMAT (' COMBINACION',I5,3X,3I5)
3100 4 CONTINUE
3200 PRINT 7,D,A,B,C
3300 PRINT 5
3400 2 FORMAT ('?COMBINACION SELECCIONADA?')
3500 READ(3,/)I,J,L
3600 CALL IBICIO (Z,C,2400)
3700 CA* SE GRAFICAN LOS MODULOS "A",HASTA LA DIMENSION "I",EN EL EJE "Y"
3800 X=1;Y=130
3900 S=D+X
4000 F=A+Y
4100 DO 5 N1=Y,F,A
4200 CALL GRAF (X,N1,D,0)
4300 CALL GRAF (S,N1,D,1)
4400 5 CONTINUE
4500 CA* SE GRAFICAN LOS MODULOS "B",HASTA LA DIMENSION "J",EN EL EJE"Y"
4600 G=B+J+F
4700 DO 10 N2=F,G,B
4800 CALL GRAF (X,N2,D,0)
4900 CALL GRAF (S,N2,D,1)
5000 10 CONTINUE
5100 CA* SE GRAFICAN LOS MODULOS "C",HASTA LA DIMENSION "L",EN EL EJE"Y"
5200 H=C+L+G
5300 DO 15 N3=G,H,C
5400 CALL GRAF (X,N3,D,0)
5500 CALL GRAF (S,N3,D,1)
5600 15 CONTINUE
5602 CA* .....
5604 CA* .....
5606 CA* .....
5608 CA* .....
5610 CA* .....
5612 CA* .....
5614 CA* .....
5616 CA* .....

```

```

00000100
00000200
00000300
00000400
00000500
00000600
00000700
00000800
00000900
00001000
00001100
00001200
00001300
00001400
00001500
00001600
00001700
00001800
00001900
00002000
00002100
00002200
00002300
00002400
00002500
00002600
00002700
00002800
00002900
00003000
00003100
00003200
00003300
00003400
00003500
00003600
00003700
00003800
00003900
00004000
00004100
00004200
00004300
00004400
00004500
00004600
00004700
00004800
00004900
00005000
00005100
00005200
00005300
00005400
00005500
00005600
00005602
00005604
00005606
00005608
00005610
00005612
00005614

```






GRAFICACION DEL PROGRAMA CUADROS

DIMENSION

EJE X 450 3 MODULOS DE 30 3 MODULOS DE 50 3 MODULOS DE 70  
EJE Y




GRAFICACION DEL PROGRAMA CUADROS  
DIMENSION

EJE X 620 1 MODULOS DE 240 3 MODULOS DE 100 2 MODULOS DE 40

EJE Y



## ANEXO No. 5 : "PROGRAMA MODULOS".

Este programa se compone de tres partes:

En la primera parte se definen los módulos A1, B1, C1 y la dimensión D1, que se van a utilizar en el eje Y; y se selecciona la combinación a graficar en tal eje.

En la segunda parte, se definen los módulos A,B,C y la dimensión D, que se van a utilizar en el eje X; y se selecciona la combinación a graficar en tal eje.

En la tercera parte, se grafica así: primero dibuja las rectas horizontales de dimensión D, separadas modularmente unas de otras, de acuerdo a:

I1 veces el módulo A1,

J1 veces el módulo B1 y

L1 veces el módulo C1, hasta completar la dimensión vertical D1. Luego, dibuja las rectas verticales de dimensión D1 y separadas unas de otras de acuerdo a:

I veces el módulo A,

J veces el módulo B y

L veces el módulo C, hasta completar la dimensión horizontal D.

El resultado final es una retícula rectangular de dimensiones: D horizontal y D1 vertical, cuyos módulos reticulares obedecen a la forma ya descrita.

Parámetros de la gráfica: Valor máximo de D = 1013 unidades.

Valor máximo de D1 = 654 unidades.

```

100 C* .....
200 C* .....
300 C*   PROGRAMA "MODULOS"
400 C* .....
500 C* .....
600 C*   DESARROLLADO POR:
700 C* .....
800 C* .....
900 C*   DR. GERMAN L. GARCIA CORREDOR
1000 C* .....
1100 C* .....
1200 C* COM. PARTE DE LA TESIS DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA,
1300 C* EN EL AREA DE TECNOLOGIA.
1400 C* UNAM. CIUDAD DE MEXICO, FEBRERO-1984
1500 C* .....
1600 C* .....
1700 FILE 3=TTY011,UNIT=REMOTE,RECORD=256
1800 PRINT 11
1900 11 FORMAT ('2 MODULOS Y DIMENSION EN EL EJE "Y" ?')
2000 READ (3,/) A1, B1, C1, D1
2100 PRINT 17, D1, A1, B1, C1
2200 17 FORMAT ('2 DIMENSION', F7.2/' MODULOS', 12X, 3F5.2)
2300 DO 4 J=0, D1/A1
2400 DO 4 J1=0, D1/A1
2500 Z1=(D1-A1*(J1-0)*J1)/C1
2600 L1=INT(Z1)
2700 IF (L1.NE.Z1.OR.Z1.LT.0) GO TO 14
2800 K1=K1+1
2900 PRINT 19, Z1, J1, L1
3000 19 FORMAT ('1 COMBINACION', 15, 3X, 3I5)
3100 14 CONTINUE
3200 PRINT 17, D1, A1, B1, C1
3300 PRINT 22
3400 22 FORMAT ('2 COMBINACION SELECCIONADA?')
3500 READ (3,/) I1, J1, L1
3600 PRINT 1
3700 1 FORMAT ('2 MODULOS Y DIMENSION EN EL EJE "X" ?')
3800 READ (3,/) A, B, C, D
3900 PRINT 7, D, A, B, C
4000 7 FORMAT ('2 DIMENSION', F7.2/' MODULOS', 12X, 3F5.2)
4100 DO 4 I=0, D/A
4200 DO 4 J=0, D/B
4300 Z=(D-A*I-B*J)/C
4400 L=INT(Z)
4500 IF (L.NE.Z.OR.Z.LT.0) GO TO 4
4600 K=K+1
4700 PRINT 8, K, I, J, L
4800 8 FORMAT ('1 COMBINACION', 15, 3X, 3I5)
4900 4 CONTINUE
5000 PRINT 7, D, A, B, C
5100 PRINT 2
5200 2 FORMAT ('2 COMBINACION SELECCIONADA?')
5300 READ (3,/) I, J, L
5302 C* .....
5304 C* .....
5306 C* .....
5308 C* .....
5310 C* .....
5312 C* .....
5314 C* .....
5316 C* .....
5318 C* .....
5320 C* .....
5322 C* .....

```

00000150  
00000200  
00000300  
00000400  
00000500  
00000600  
00000700  
00000800  
00000900  
00001000  
00001100  
00001200  
00001300  
00001400  
00001500  
00001600  
00001700  
00001800  
00001900  
00002000  
00002100  
00002200  
00002300  
00002400  
00002500  
00002600  
00002700  
00002800  
00002900  
00003000  
00003100  
00003200  
00003300  
00003400  
00003500  
00003600  
00003700  
00003800  
00003900  
00004000  
00004100  
00004200  
00004300  
00004400  
00004500  
00004600  
00004700  
00004800  
00004900  
00005000  
00005100  
00005200  
00005300  
00005302  
00005304  
00005306  
00005308  
00005310  
00005312  
00005314  
00005316  
00005318  
00005320  
00005322

5322	C*	00005322
5324	C*	00005324
5326	C*	00005326
5328	C*	00005328
5330	C*	00005330
5332	C*	00005332
5334	C*	00005334
5400	CALL INICIO (3,0,0,2400)	00005400
5500	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "A1",HASTA "I1";EN EL EJE "Y"	00005500
5600	X=10;Y=125	00005600
5700	S=0+X	00005700
5800	F=A1+I1+Y	00005800
5900	DO 5 N1=Y,F,A1	00005900
6000	CALL GRAF (S,N1,0,0)	00006000
6100	CALL GRAF (S,N1,0,1)	00006100
6200	20 CONTINUE	00006200
6300	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "B1",HASTA "J1";EN EL EJE "Y"	00006300
6400	G=01*J1+Y	00006400
6500	DO 10 N2=F,G,01	00006500
6600	CALL GRAF (X,N2,0,0)	00006600
6700	CALL GRAF (S,N2,0,1)	00006700
6800	10 CONTINUE	00006800
6900	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "C1",HASTA "L1";EN EL EJE "Y"	00006900
7000	H=C1*L1+G	00007000
7100	DO 15 N3=H,C1	00007100
7200	CALL GRAF (X,N3,0,0)	00007200
7300	CALL GRAF (S,N3,0,1)	00007300
7400	15 CONTINUE	00007400
7500	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "A",HASTA "I";EN EL EJE "X"	00007500
7600	S1=01+Y	00007600
7700	F=A+I+X	00007700
7800	DO 20 N1=Y,P,A	00007800
7900	CALL GRAF (N1,Y,0,0)	00007900
8000	CALL GRAF (N1,S1,0,1)	00008000
8100	20 CONTINUE	00008100
8200	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "B",HASTA "J";EN EL EJE "X"	00008200
8300	G=H+J+I	00008300
8400	DO 25 N2=P,G,B	00008400
8500	CALL GRAF (N2,Y,0,0)	00008500
8600	CALL GRAF (N2,S1,0,1)	00008600
8700	25 CONTINUE	00008700
8800	C* SE GRAFICAN LOS MODULOS "C",HASTA "L";EN EL EJE "X"	00008800
8900	F=C+L+B	00008900
9000	DO 30 N3=0,P,C	00009000
9100	CALL GRAF (N3,Y,0,0)	00009100
9200	CALL GRAF (N3,S1,0,1)	00009200
9300	30 CONTINUE	00009300
9302	C*	00009302
9304	C*	00009304
9306	C*	00009306
9308	C*	00009308
9310	C*	00009310
9312	C*	00009312
9314	C*	00009314
9316	C*	00009316
9318	C*	00009318
9320	C*	00009320
9322	C*	00009322
9324	C*	00009324
9326	C*	00009326
9328	C*	00009328
9330	C*	00009330
9332	C*	00009332
9334	C*	00009334
9336	C*	00009336
9338	C*	00009338
9340	C*	00009340
9342	C*	00009342
9344	C*	00009344

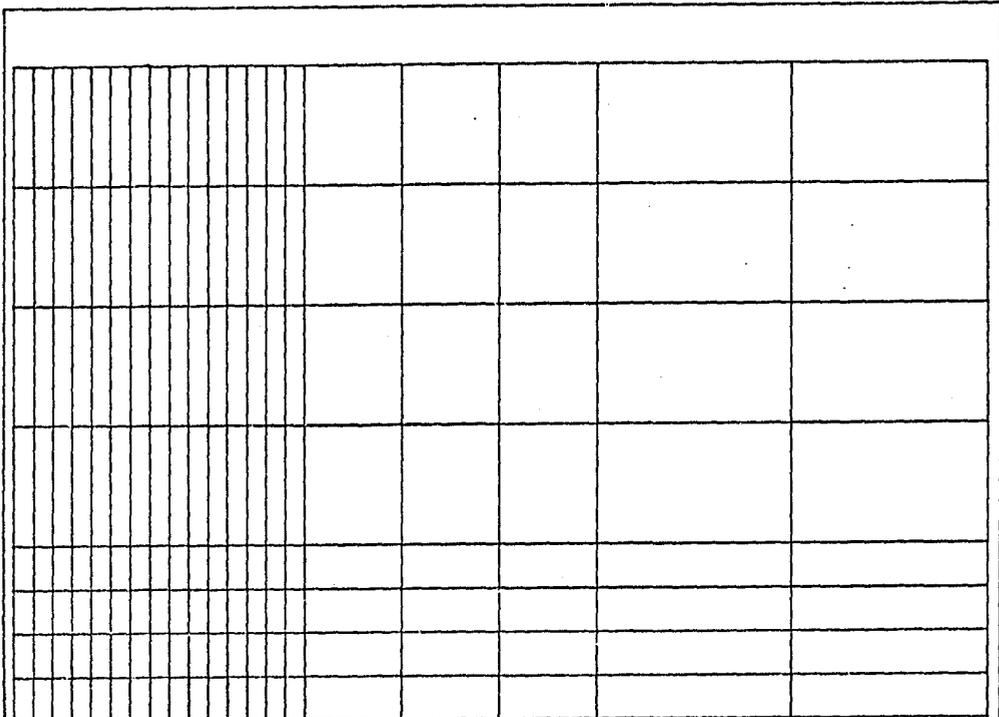




```

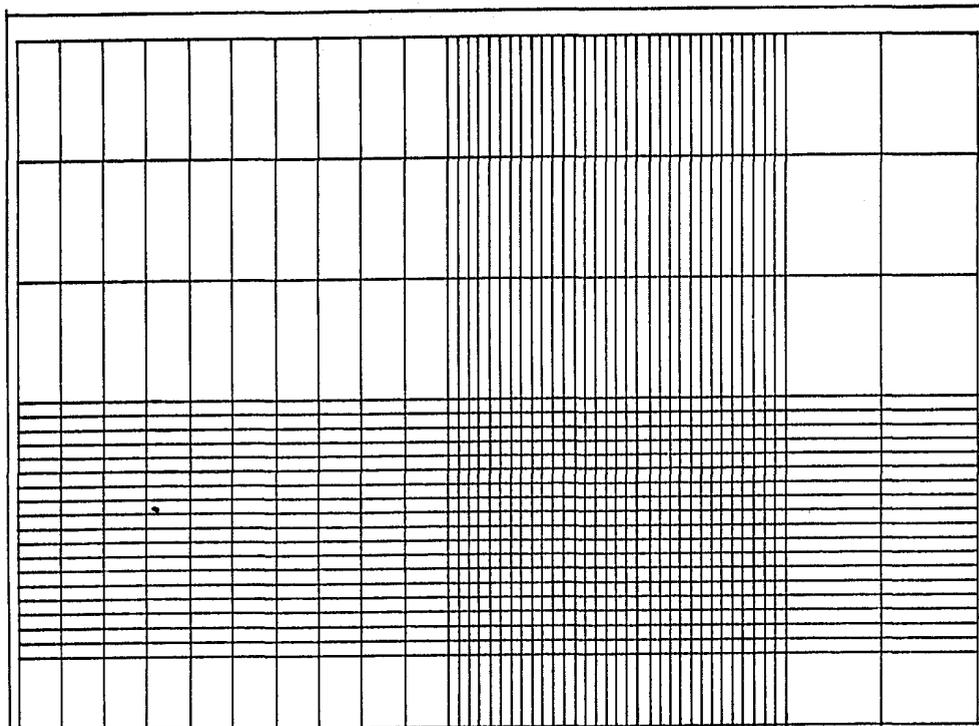
001 *****
002 *****
003 *****
004 *****
005 *****
006 *****
007 *****
008 *****
009 *****
010 *****
011 *****
012 *****
013 *****
014 *****
015 *****
016 *****
017 *****
018 *****
019 *****
020 *****
021 *****
022 *****
023 *****
024 *****
025 *****
026 *****
027 *****
028 *****
029 *****
030 *****
031 *****
032 *****
033 *****
034 *****
035 *****
036 *****
037 *****
038 *****
039 *****
040 *****
041 *****
042 *****
043 *****
044 *****
045 *****
046 *****
047 *****
048 *****
049 *****
050 *****
051 *****
052 *****
053 *****
054 *****
055 *****
056 *****
057 *****
058 *****
059 *****
060 *****
061 *****
062 *****
063 *****
064 *****
065 *****
066 *****
067 *****
068 *****
069 *****
070 *****
071 *****
072 *****
073 *****
074 *****
075 *****
076 *****
077 *****
078 *****
079 *****
080 *****
081 *****
082 *****
083 *****
084 *****
085 *****
086 *****
087 *****
088 *****
089 *****
090 *****
091 *****
092 *****
093 *****
094 *****
095 *****
096 *****
097 *****
098 *****
099 *****
100 *****

```



GRAFICACION DEL PROGRAMA MODULOS  
DIMENSION

EJE X	1000	15 MODULOS DE 20	3 MODULOS DE 100	2 MODULOS DE 200
EJE Y	600	4 MODULOS DE 40	4 MODULOS DE 110	0 MODULOS DE 200



GRAFICACION DEL PROGRAMA MODULOS

DIMENSION

EJE X	1000	10 MODULOS DE 45	32 MODULOS DE 11	2 MODULOS DE 99
EJE Y	630	1 MODULOS DE 66	18 MODULOS DE 13	3 MODULOS DE 110

ANEXO No. 6 : "PROGRAMA FACHADAS".

La primera parte es similar a los anteriores programas, en la que se definen los módulos A, B y C, y la dimensión horizontal D. Se selecciona la combinación a graficar. El programa solicita el número de niveles para el eje Y, y la dimensión de cada uno de ellos; al comunicarle tales datos a la pantalla, comienza la graficación; primero, dibuja las N líneas horizontales de dimensión D, separadas entre sí por la distancia IN; continúa dibujando, ahora, las líneas verticales, modularmente, así: I veces el módulo A,

J veces el módulo B y

L veces el módulo C, hasta completar la dimensión horizontal D.

Inmediatamente grafica unas ventanas en todos los módulos A, una en cada nivel.

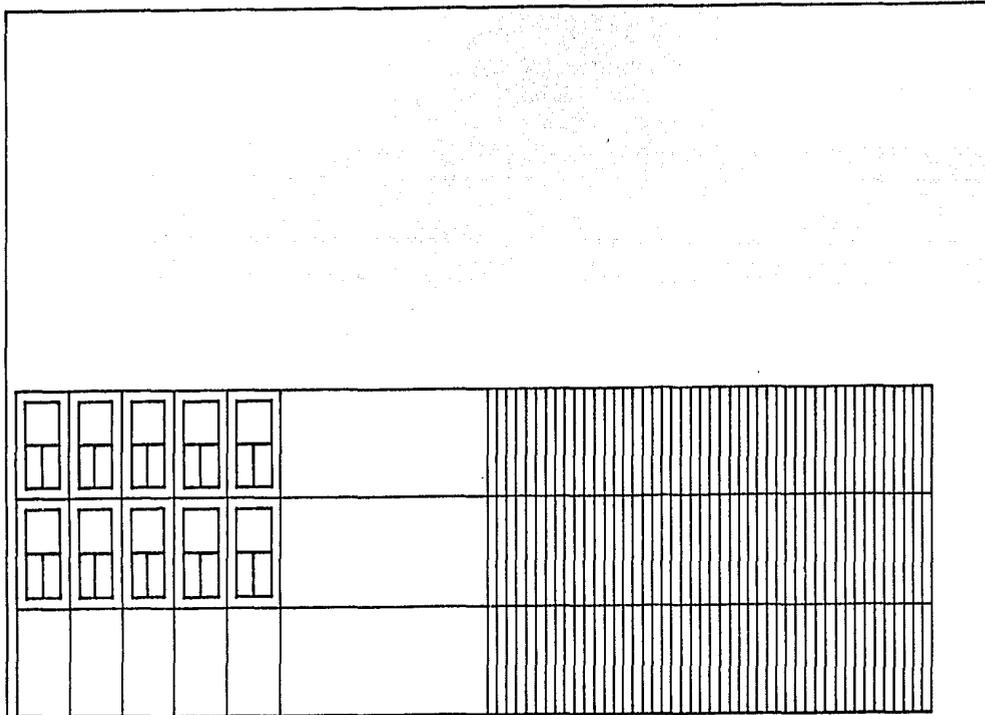
El resultado final es una fachada, en forma de retícula, de dimensiones: D horizontal y Y1 vertical. (Y1 es el resultado del producto:  $N \times IN$ ). La secuencia de módulos en el sentido corresponde a la modulación seleccionada; y los "módulos" en el sentido vertical, tienen todos un valor constante IN.

Parámetros de la gráfica: Valor máximo de D = 1013 unidades.

Valor máximo de Y1 = 649 unidades.





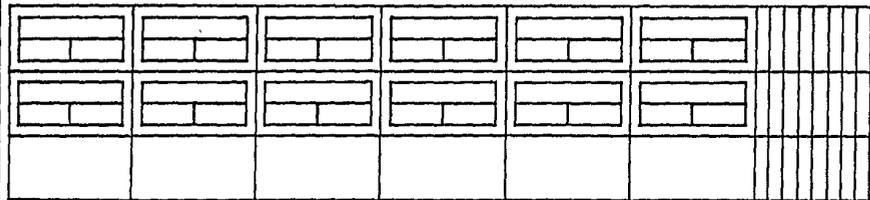
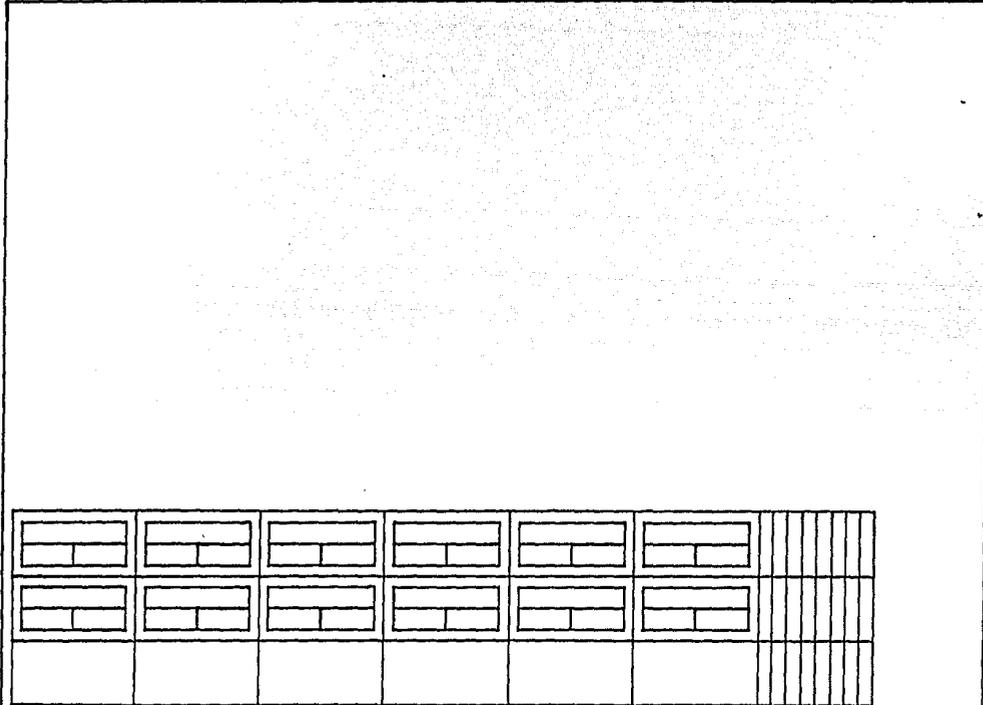
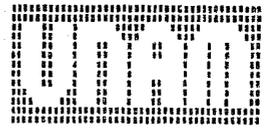


GRAFICACION DEL PROGRAMA FACHADAS

DIMENSION

EJE X 950 5 MODULOS DE 55 1 MODULOS DE 215 46 MODULOS DE 10  
EJE Y 300 3 NIVELES DE 100 C/U





GRAFICACION DEL PROGRAMA FACHADAS

DIMENSION

EJE X 900 6 MODULOS DE 130 8 MODULOS DE 15 0 MODULOS DE 180  
EJE Y 180 3 NIVELES DE 60 C/U

ANEXO No. 7 : "PROGRAMA EJERCICIO/1".

Este programa consiste en la graficación de una fachada general, como ejercicio y aplicación de los programas de diseño generativo.

El estudio de los módulos que conforman la fachada, dió como resultado la selección de dos módulos en el sentido horizontal, y de cinco niveles en el sentido vertical. Los demás elementos graficados, se desarrollaron específicamente para este programa.

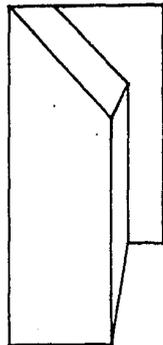


## ANEXO No. 8 : "PROGRAMA DE PERSPECTIVAS".

La generación de perspectivas es de gran atracción para el arquitecto que desea utilizar la computadora en su trabajo. Este programa desarrollado para la presente Tesis, es una colaboración del Maestro en Arquitectura Francisco Reyna Gómez, quién es el Director de la misma.

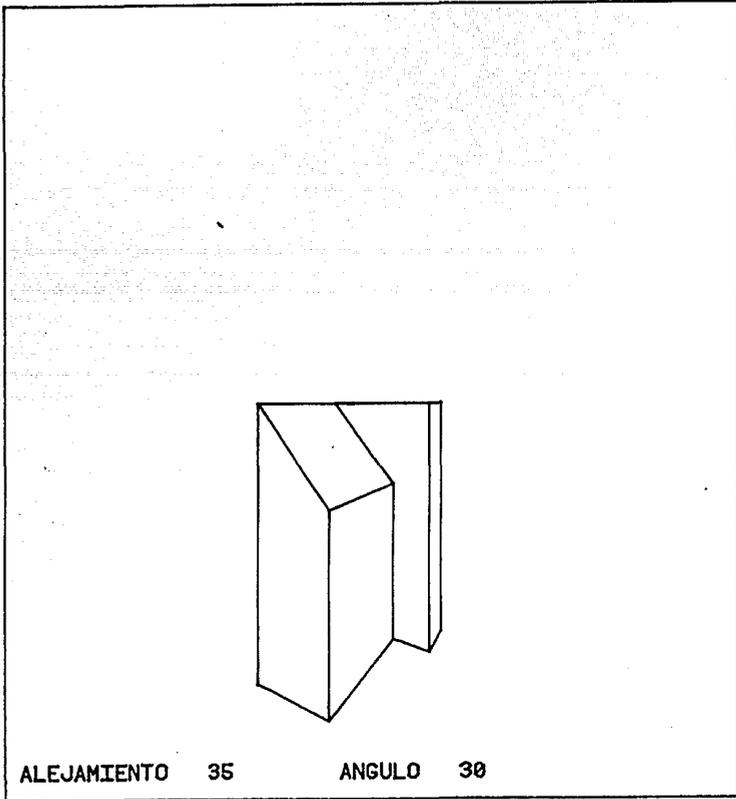
Consiste, en visualizar un edificio dado, desde diferentes ángulos visuales y diferentes alejamientos, produciendo así una animación respecto del volumen del edificio.

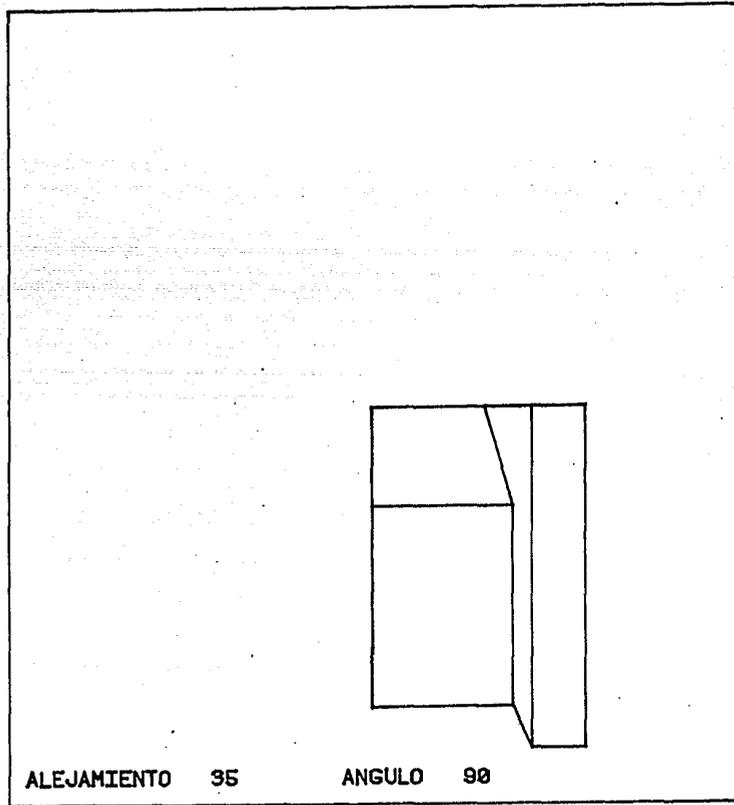
La capacidad de animación que posee este programa, lo convierte en una herramienta de estudio en el diseño volumétrico.

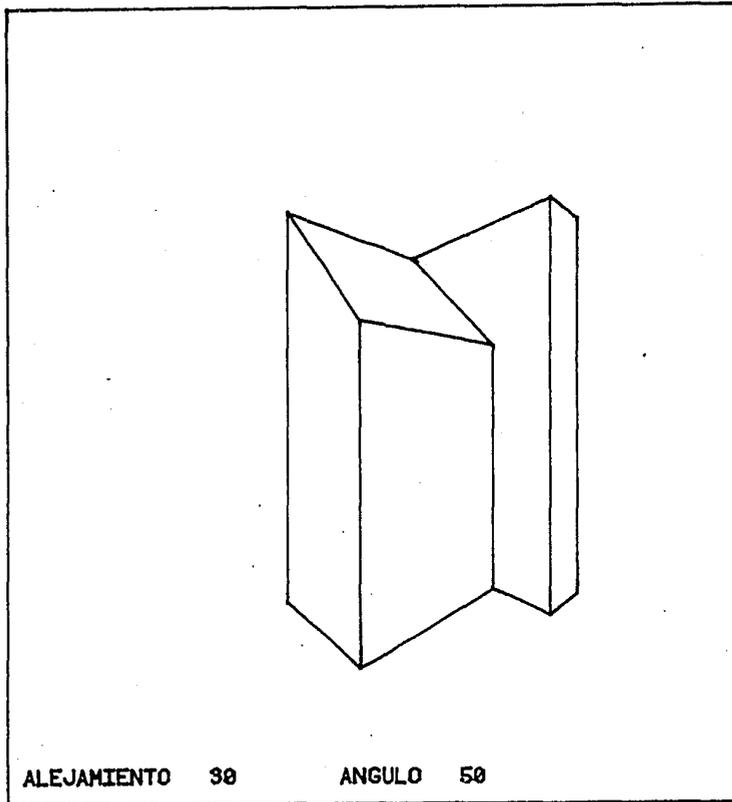


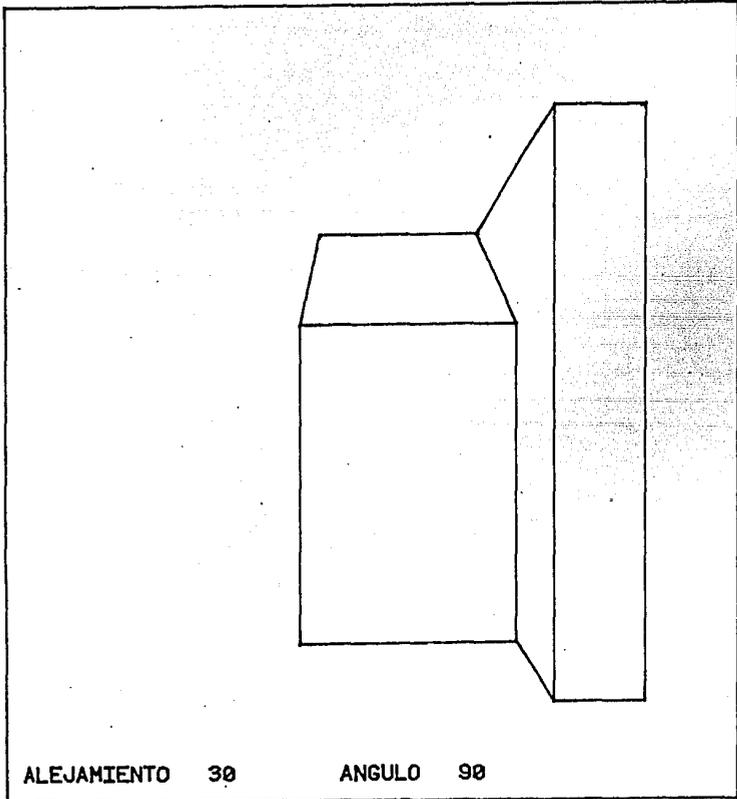
ALEJAMIENTO 35

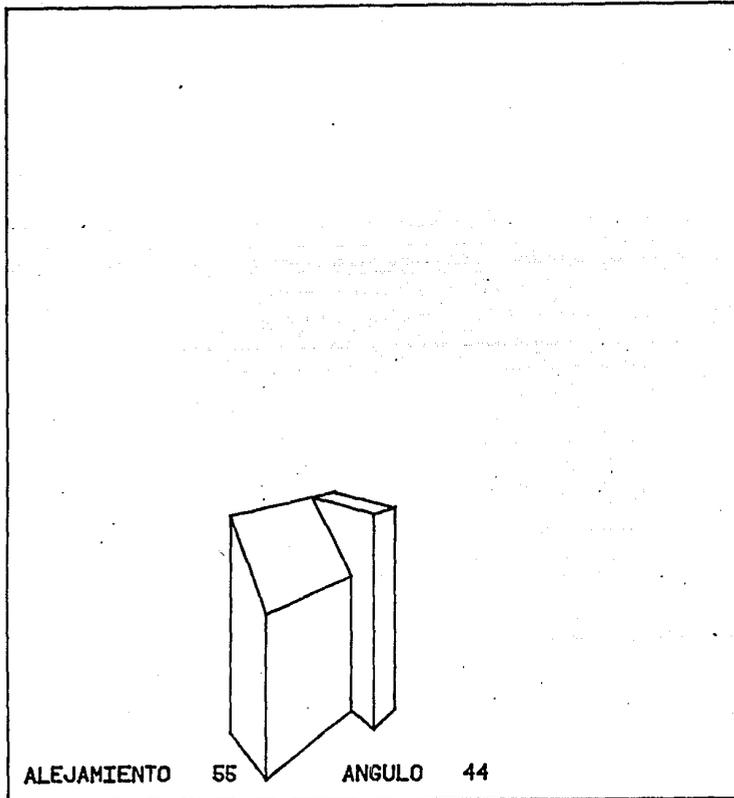
ANGULO 0

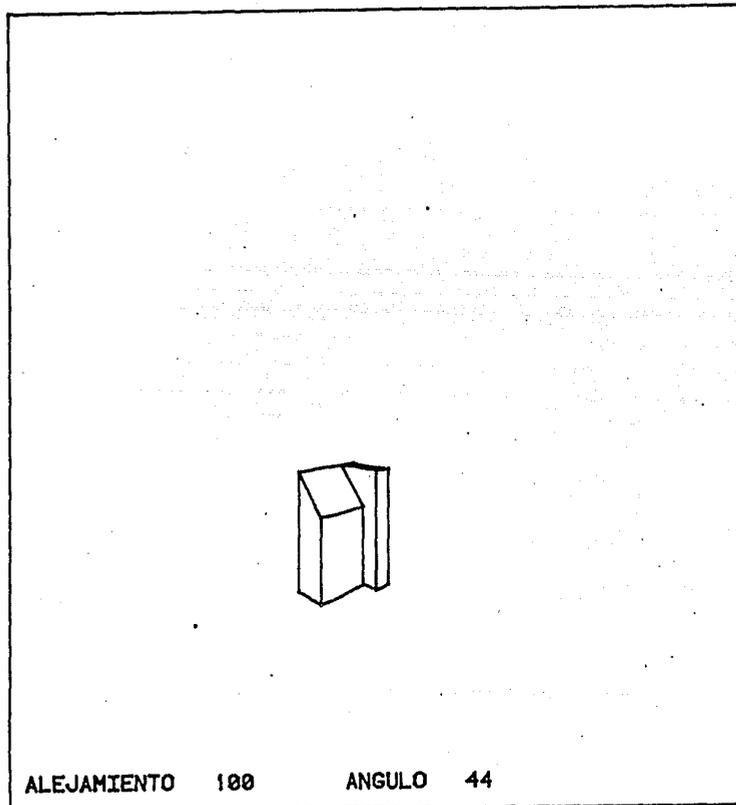












ALEJAMIENTO 100

ANGULO 44

