

# HACIA UNA INTEGRACION DEL C.A.D. EN LA PRACTICA ARQUITECTONICA

Por **EMILIO MARTIN GUTIERREZ**  
Arquitecto y Becario del Plan Nacional de Formación de Profesorado y Personal Investigador

## INTRODUCCION

C.A.D. es un acrónimo derivado del inglés Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador), y que frecuentemente aparece vinculado a alguno de los términos siguientes:

- C.A.M. Computer Aided Manufacturing (Fabricación Asistida por Ordenador).
- C.A.E. Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Ordenador).
- C.I.M. Computer Integrated Manufacturing (Fabricación Integrada por Ordenador).

En general, diremos que en las siglas (Asistido por Ordenador) se encuentra implícita de alguna forma la finalidad prioritaria del sistema: Integrar los elementos de hardware (parte física) y software (parte lógica) precisos para la configuración de una determi-

nada aplicación de la Informática como herramienta a utilizar en un proceso (en nuestro caso concreto, el de diseño).

Durante el tiempo que llevo interesado en estos temas, me han formulado en numerosas ocasiones preguntas relativas al nivel de conocimientos necesarios para acudir a estos recursos; en muchos aspectos novedosos y aún poco extendidos en nuestra práctica profesional. En este orden de cosas conviene aclarar que existen dos formas básicas de operar con un ordenador:

A nivel de usuario, acudiendo a aquellos programas específicos con los que afrontar determinadas tareas; y a nivel de programación, donde el sujeto elabora con ayuda de un cierto lenguaje sus propias utilidades.

En lo sucesivo, nos referiremos fundamentalmente al primer campo, teniendo en cuenta la concepción del C.A.D. como herramienta al servicio del profesional del diseño (carente por lo general de conocimientos de informática) del mismo modo que pueden serlo los útiles tradicionales de dibujo.

Las diferencias provienen ante todo del método de trabajo, que, en pocas palabras, se desarrolla a través de una comunicación interactiva. En este proceso, como en todo diálogo, hay que conocer los patrones comunes que permiten el entendimiento; esto es, el conjunto de posibilidades que ofrece el sistema, y la forma de invocarla.

Una última puntualización: Los sistemas de Diseño Asistido, como cualquier utensilio de trabajo, no carecen de limitaciones. Esta idea debe tenerse presente y conocer en la medida de lo posible a fin de obtener un buen nivel de aprovechamiento y de no coartar el propio diseño por causa del medio empleado.

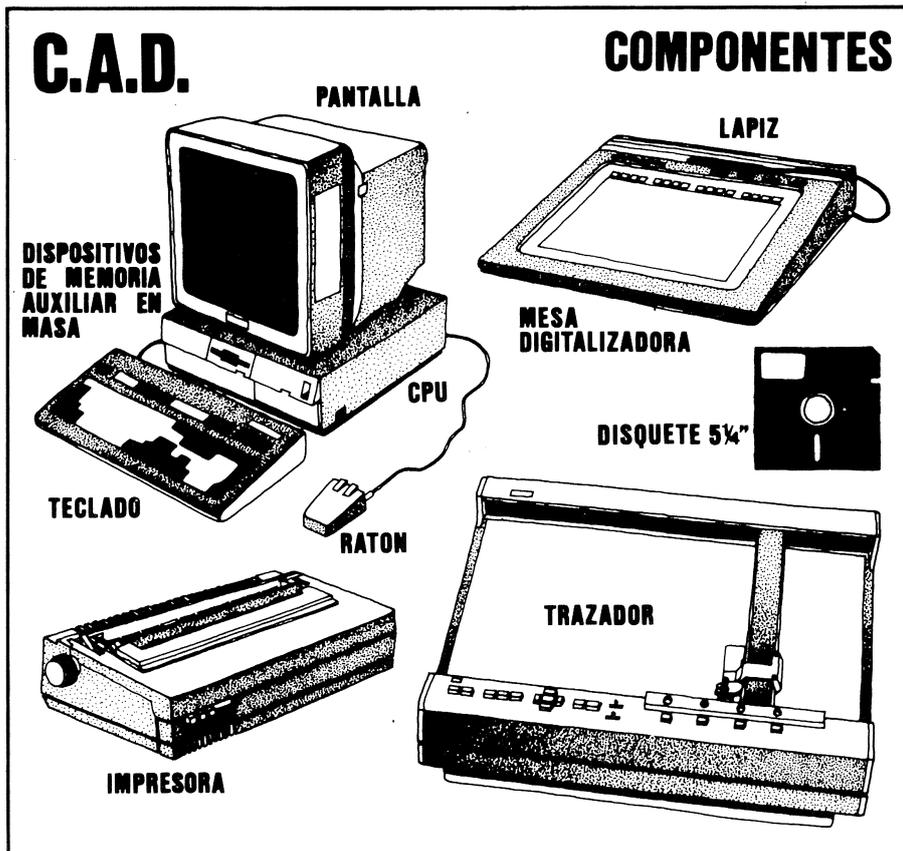


Fig. 1.—ALGUNOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR.

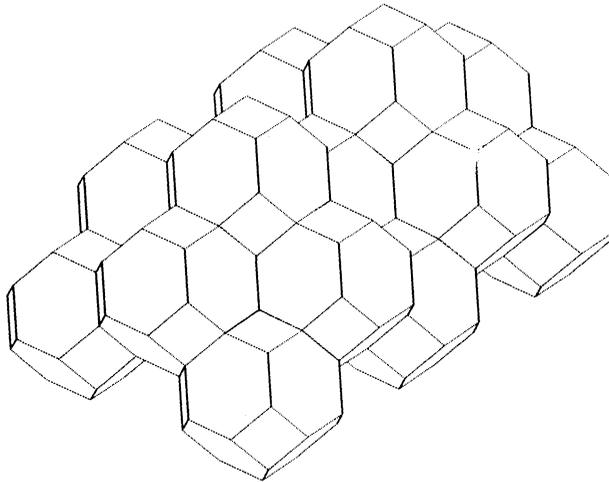


Fig. 2.—AGRUPACION DE POLIEDROS. EL CONJUNTO SE HA OBTENIDO POR REPETICIONES SUCCESIVAS DE UN UNICO OCTAEDRO TRUNCADO.

## HISTORIA

Si bien el software constituye el núcleo vivo del C.A.D., no cabe duda que sus orígenes se encuentran íntimamente ligados a la evolución del hardware.

Desde 1936 los Laboratorios Bell Telephone venían financiando una investigación sobre semiconductores que culminó en 1948, cuando Bardain y Brattain presentaron el transistor de puntas de contacto. Un año después, Shockley introduce el transistor de unión, que constituyó la base para el ulterior desarrollo de la microelectrónica y, por tanto, de la industria del ordenador.

En 1952 el M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) desarrolla el primer periférico de visualización gráfica. Se trataba de un CRT (tubo de rayos catódicos) y en él se representaron unas sencillas figuras con ayuda del ordenador Whirlwind (Torbellino) I. El sistema de defensa Sage fue el primero en aplicar la tecnología de los CRT conectados a consolas, donde los operarios identificaban los objetivos señalándolos con lápices ópticos.

La mayor parte de los recursos tecnológicos empleados en la actualidad existían ya en 1965; época en la que el número real de consolas operativas no superaba las doscientas. Las causas de esta situación se encontraban sin duda en lo prohibitivo de los costes y en la falta de disponibilidad del software.

En 1962, Ivan Sutherland, del propio M.I.T., presenta su tesis doctoral «A Machines Graphics Communications System»; donde establece los cimientos de la generación interactiva de gráficos por ordenador, en gran medida aún vigentes. Fruto de estos estudios es el Sketchpad, de 1963, que constituye una de las primeras aplicaciones prácticas del Diseño Asistido.

Por estas fechas varias empresas obtenían logros de similar relevancia: Cabe mencionar los programas de investigación de los Laboratorios Bell, de la Lockheed Georgia Company, de la McDonnell Douglas, y el proyecto DAC-1 de la General Motors Corporation, orientado a los grandes procesos de diseño y fabricación.

Sólo con la caída de precios del hardware en la década de los ochenta, y con la aparición de los microordenadores (Personal Computers o simplemente PCs), resulta posible la implantación de los sistemas C.A.D. en la pequeña y mediana empresa. Con ello se inicia un proceso de rápida difusión; situación que a su vez desencadena la búsqueda competitiva de programas más sofisticados e innovaciones tecnológicas.

## CLASIFICACION DE SISTEMAS

Dada la amplitud del término C.A.D., trataremos a continuación de ofrecer una breve clasificación de los sistemas existentes, y de centrar con ello el contenido de los siguientes apartados.

A tal efecto, atenderemos fundamentalmente a la función que persigue cada uno, y al coste que exige su implementación.

### a. Sistemas Turn-Key (Llaves en mano)

Se trata de sistemas desarrollados con el objetivo de resolver específicamente una aplicación, y con frecuencia incurren en una cierta falta de flexibilidad. Esto es, el usuario no está generalmente en condiciones de adaptar el proceso a ulteriores modificaciones, por ejemplo debidas a la consecución de determinados avances tecnológicos.

Suelen implantarse en CPUs de 16 ó 32 bits (véase la sección de componentes más adelante) y pueden soportar de 4 a 6 estaciones.

### b. Sistemas de propósito general

El objetivo común de estos sistemas es reintegrar todas las operaciones que conlleva un ciclo productivo (habitualmente procesos C.A.E./C.A.D./C.A.M.). Requieren un ordenador central de gran capacidad y con la suficiente potencia como para controlar un gran número de puestos de trabajo; así como la adquisición de periféricos gráficos de elevadas prestaciones.

Por todo ello, requieren unas inversiones cuantiosas que a menudo resultan poco estratégicas en la pequeña y mediana empresa.

### c. Sistemas monopuesto

Se caracterizan por ser sistemas abiertos, con capacidad para combinar el uso autónomo de las distintas estaciones de trabajo con un cierto nivel de integración donde poder compartir datos y periféricos comunes.

Pueden ser de gran capacidad o basarse en la industria de los microordenadores (por regla general, de la línea PC/XT/AT/386/486). Son capaces de abordar tareas muy diversas, dependiendo del software utilizado; y en este marco los programas de Diseño Asistido constituyen tan solo una aplicación más.

El presente artículo pretende abrir una puerta a la conexión entre paquetes de programas en principio independientes, con el fin de acumular sus respectivas posibilidades y obtener un sistema de rendimiento superior en la práctica de la arquitectura.

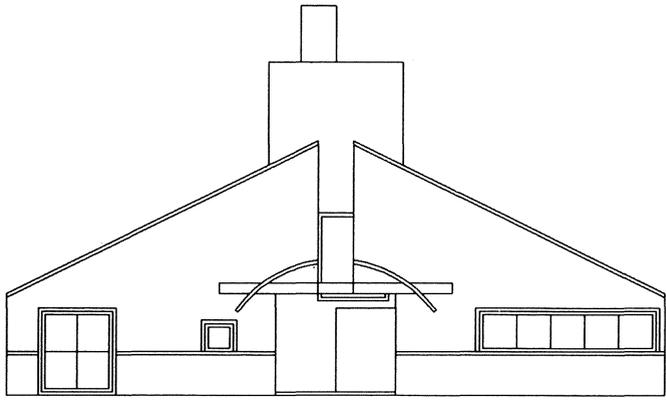


Fig. 3

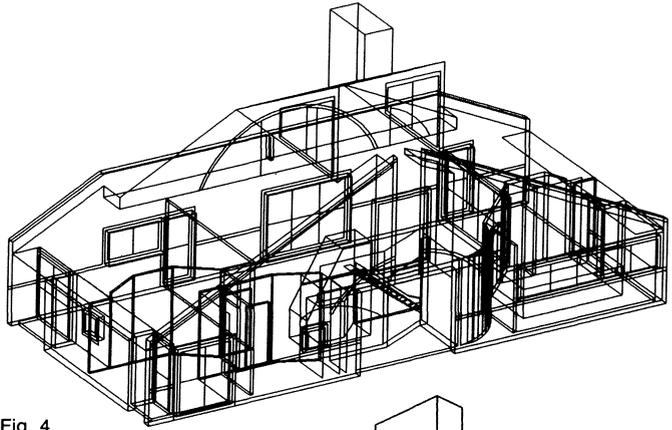


Fig. 4

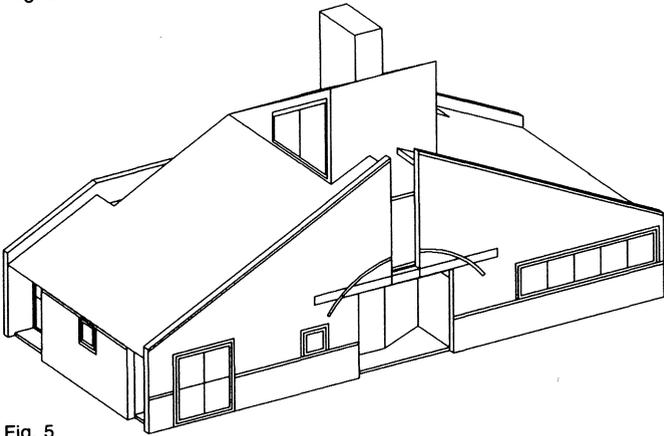


Fig. 5

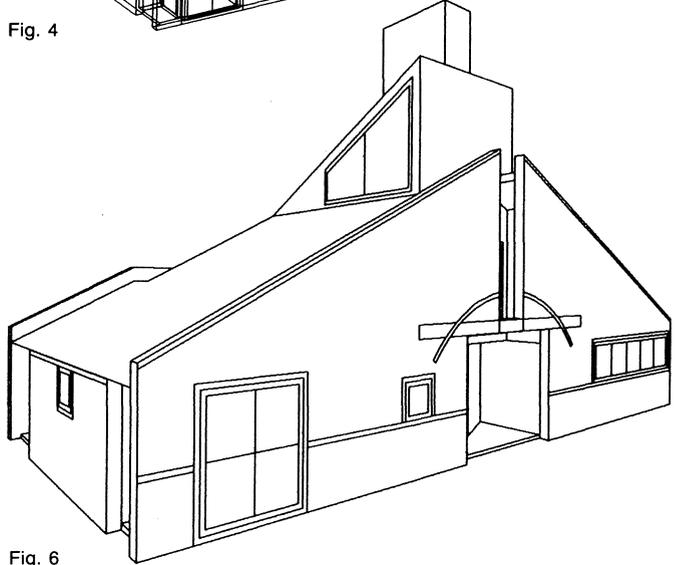


Fig. 6

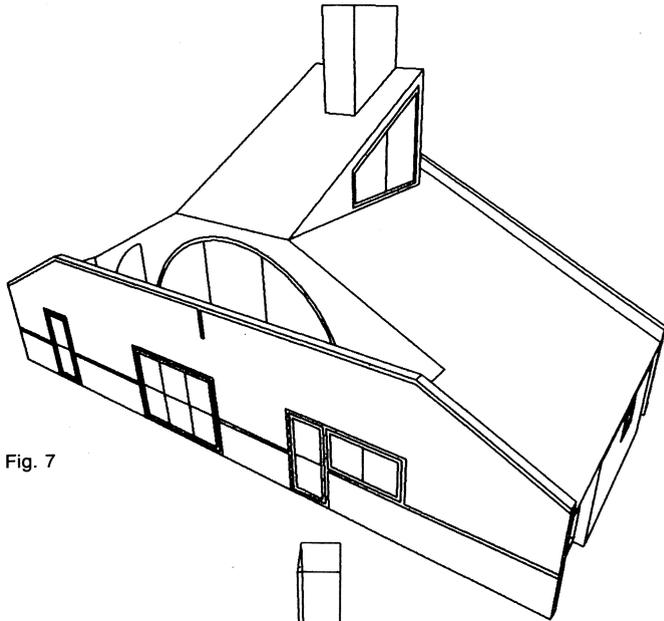


Fig. 7

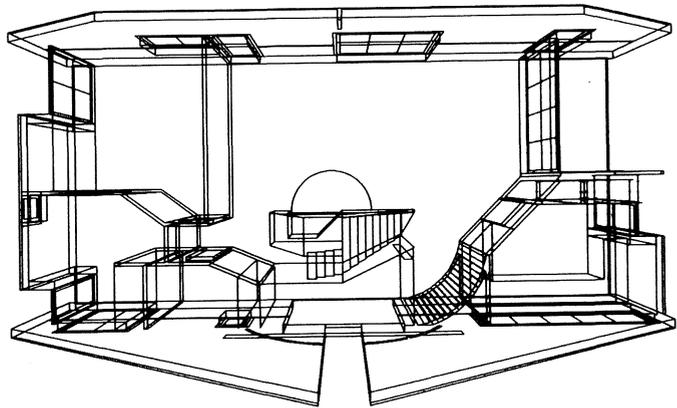


Fig. 8

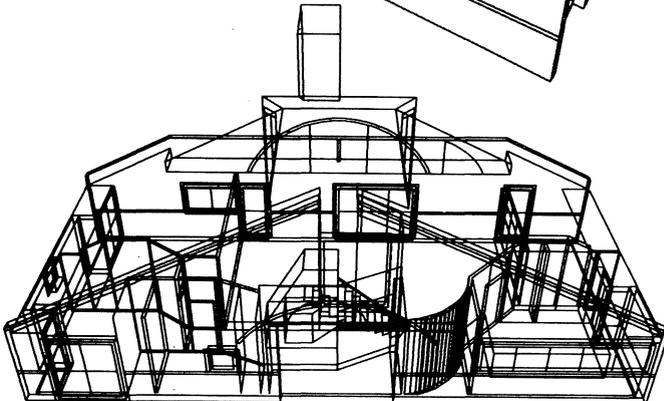


Fig. 9

Figs. 3 a 9.—SERIE SOBRE LA CASA VANNA VENTURI, DE ROBERT VENTURI (1962). TODAS ELLAS SE HAN TRAZADO A PARTIR DE UN ARCHIVO COMUN.

Fig.3.—ALZADO PRINCIPAL.

Figs. 4 y 5.—AXONOMETRIA CON Y SIN LINEAS OCULTAS, RESPECTIVAMENTE.

Figs. 6 y 7.—PERSPECTIVAS EXTERIORES.

Fig. 8.—PERSPECTIVA CONICA CENTRAL AEREA. OBTENIDA CON ELIMINACION DE LA CUBIERTA.

Fig. 9.—PERSPECTIVA CONICA DESCENDENTE CON LINEAS OCULTAS.

## COMPONENTES

En la mayor parte de los procesos de tipo informático, y el C.A.D. no constituye una excepción, se contempla el siguiente esquema: Introducción de datos, proceso de la información y salida de resultados. Ello es posible merced a una determinada configuración del sistema, esto es, a la conjunción de los distintos elementos (de hardware y software) en coherencia tanto con los objetivos perseguidos como con los recursos disponibles.

En cuanto a la parte física del medio, se requiere un mínimo de potencia de cálculo, y éste es un término que viene definido por la combinación de otros dos factores: Velocidad de proceso y capacidad de memoria.

La primera viene determinada fundamentalmente por el número de bits (1) y aumenta exponencialmente con él. En relación a los micros, y hasta la aparición del 486, resultaba casi obligado incorporar un coprocesador aritmético con el objetivo de aumentar la precisión en los cálculos y dotar al sistema de una mayor agilidad.

La práctica del Diseño Asistido por Ordenador exige el procesamiento de un gran volumen de datos, y, por tanto, de un lugar seguro y de fácil acceso donde puedan ser almacenados. Aquí entra en juego el concepto de memoria.

Todo ordenador dispone de tres áreas de memoria diferentes:  
ROM: Read Only Memory o de sólo lectura.

Contiene las instrucciones fundamentales que regulan el funcionamiento interno.

RAM: Random Access Memory o de acceso aleatorio.

En ella se almacenan y procesan los datos e instrucciones de modo provisional. Cuando se desconecta el sistema se pierde el contenido de la RAM y por ello es preciso copiar los datos relevantes a un tercer medio.

### Dispositivos de memoria auxiliar en masa

El almacenamiento se produce normalmente de forma magnética sobre alguno de los elementos siguientes:

**Disquete (Floppy):** Ya sean de 3.5 ó 5.25 pulgadas. Su capacidad puede alcanzar hasta 1,44 Mb (Megabytes).

**Disco duro (Winchester):** Constituyen un medio de almacenaje imprescindible en estaciones C.A.D., tanto por su capacidad de memoria como por su velocidad de transferencia (tiempo de acceso).

**Cinta magnética:** Se emplean para archivar grandes cantidades de datos que se utilizan con escasa frecuencia, y como copia permanente o de seguridad.

**Cartucho de cinta:** A medio camino entre el disco y la cinta, supone el sistema más compacto. En la actualidad, existen en el mercado las denominadas cintas STREAMER; con una capacidad de hasta 350 Mb, y especialmente indicadas para realizar copias de seguridad (backup) del contenido de un Winchester.

La CPU o Unidad Central del Proceso es el núcleo vital del ordenador y es quien procesa la información y ejecuta cada operación en función de las instrucciones de control que le indica el programa en curso.

Circunscribiéndonos al C.A.D., hablaremos a continuación de medios de entrada de datos (operaciones input) y de extracción/visualización de resultados (operaciones output).

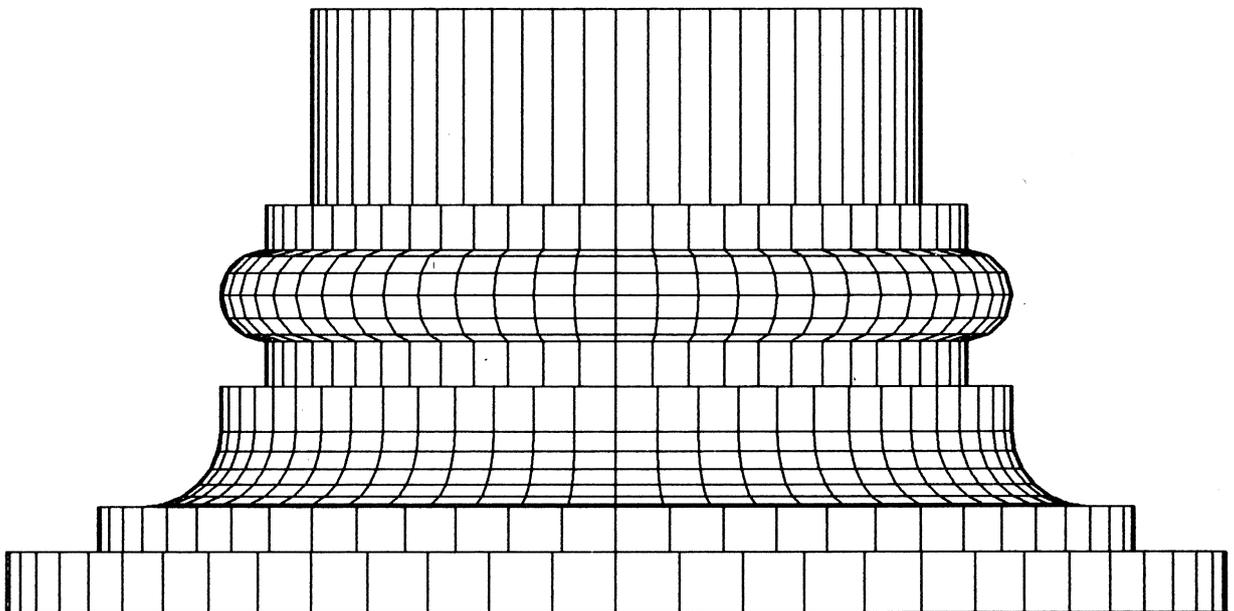


Fig. 10.—BASE DE COLUMNA EN ALZADO. LA SUPERFICIE EXTERIOR SE DEFINE POR EL MOVIMIENTO DE LA SECCION O GENERATRIZ ALREDEDOR DEL EJE CENTRAL.

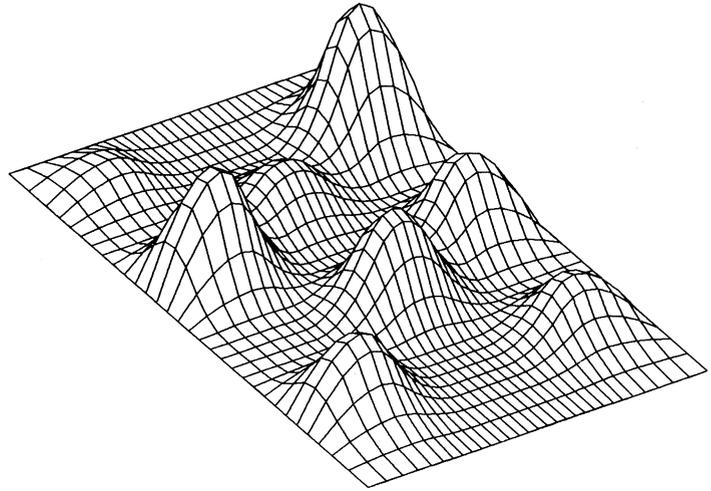


Fig. 11.—REPRESENTACION AXONOMETRICA DE UNA SUPERFICIE TOPOGRAFICA CUALQUIERA.

## a. Dispositivos de entrada gráfica

### a.1. Teclado

Permite:

- Arrancar el sistema.
- Introducir datos de tipo gráfico que, por interpretarse tal cual se ofrecen, implican una mayor precisión.
- Invocar elementos no gráficos (textos, numéricos o alfanuméricos, símbolos y bibliotecas en general).

Presenta algunas innovaciones respecto del teclado estándar de las máquinas de escribir: La tecla de retorno de carro (también llamada Enter, Intro o Return), la sección numérica a modo de calculadora, y las funciones definibles por el usuario.

### a.2. Curso gráfico

El cursor consiste normalmente en la intersección de dos líneas para especificar la posición de un determinado punto. También se emplea para acceder a alguna de las opciones contenidas en los menús del sistema, ya sean de pantalla, de tableta gráfica o de terminal contigua.

Para controlar su posición, recurriremos a alguno de los siguientes instrumentos:

#### Lápiz (Stylus)

Apretando este dispositivo sobre la superficie de la tableta gráfica, el ordenador detectará su posición y la visualizará en pantalla.

#### Cursor con botones (Puck)

Se trata de una pequeña caja prismática con botones para activar puntos e invocar otras opciones, y tiene un funcionamiento similar al del lápiz.

#### Ratón (Mouse)

Básicamente, es una carcasa con dos o tres pulsadores y en la que movimiento y detección de coordenadas se producen por mediación de una bola que se encuentra en su base y que ha de estar en contacto con alguna superficie.

#### Trackball

Aparentemente se puede describir como un ratón invertido. En

este caso, la esfera, de mayores dimensiones, gira directamente por la acción de la mano del operador.

#### Joystick

Heredado de los video-juegos, consiste en una palanca vertical que puede dirigirse en cualquier dirección horizontal, y que mediante un mecanismo de potenciómetros comunica al ordenador su movimiento.

#### Selector digital (Thumbwheel)

Presenta algunas similitudes con el anterior, pero en este caso los movimientos horizontales y verticales se dirigen por rotaciones independientes.

### a.3. Mesa digitalizadora (Tablet)

Un digitalizador es un tablero conectado a un lápiz o a un dispositivo con forma de mira y varios pulsadores. Traduce y comunica al ordenador los movimientos efectuados con el elemento señalizador sobre su superficie.

También puede ser configurado para emplear menús o conjuntos de comandos.

Resulta especialmente indicado para trasladar al sistema bocetos o dibujos aproximados (teniendo en cuenta que el digitalizador no corregirá en ningún momento los errores dimensionales cometidos).

Cabe destacar que no es preciso un contacto real, entre mesa y lápiz (la comunicación es de tipo electromagnético) y, por tanto, es posible digitalizar un gráfico contenido en un libro de hasta 0,5 cm. de espesor.

### a.4. Scanner óptico

Sirve igualmente para capturar imágenes, pero de modo automático y con un procedimiento parecido al que emplean las fotocopiadoras.

## b. Dispositivos de salida gráfica

Necesarios para la obtención de una representación bidimensional, ya sea temporal o transportable (normalmente con papel).

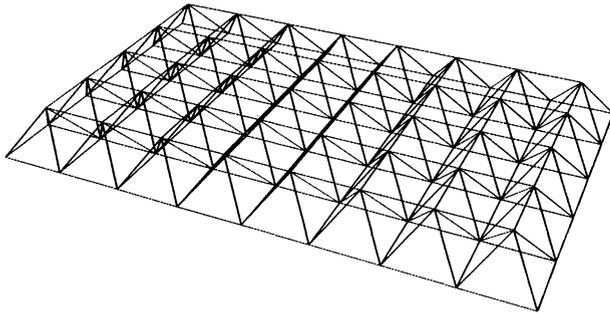


Fig. 12.—PERSPECTIVA CONICA DE UNA MALLA ESPACIAL DE MÓDULOS PIRAMIDALES DE BASE CUADRADA.

### b.1. Pantalla

También denominada CRT. Su dimensión vertical es aproximadamente un 80% de la horizontal y, como en la televisión, su tamaño se mide en diagonal.

Para que sea operativa en el marco de un sistema C.A.D. es necesario que disponga de una resolución superior a los 60 pixels (puntos individuales) por pulgada en ambas direcciones.

Por regla general nos encontraremos con una pantalla gráfica y otra de texto. En la primera se visualizan las imágenes a lo largo del proceso de comunicación interactiva con el usuario. La segunda es de tipo alfanumérico y en ella se ofrece todo tipo de informaciones y mensajes no gráficos.

Una pantalla puede ser:

- Monócroma o de color.
- Vectorial o de barrido, por el modo de generar las imágenes.
- Con tubo de memoria o de refresco, por la forma de mantener dichas visualizaciones.

### b.2. Impresora gráfica

Son los periféricos quizás más utilizados para la obtención de copias impresas en papel. La calidad depende del tipo y del modelo de impresora: Matricial de agujas, electrostática, proyectora de tinta o láser. Algunas pueden incorporar color.

### b.3. Trazador (Plotter)

Se distinguen los siguientes grupos:

#### De pluma

Operan mediante la combinación de movimientos perpendiculares de desigual velocidad. Puede ser:

#### De lecho plano

Mantienen el papel inmóvil, sujeto a un tablero sobre el que se deslizan las plumas. Ocupan, por tanto, más espacio que el siguiente modelo:

#### De rodillo o de papel continuo

En este caso, el papel se desliza en un sentido mientras que la pluma se desplaza en la dirección perpendicular.

En ambos casos puede seleccionarse el color o el grosor del trazado disponiendo las plumillas adecuadamente en el carrusel.

### Con proyectores de tinta

#### Electrostático

En ellos la imagen se obtiene aplicando la tinta mediante una determinada tensión eléctrica. El papel se desplaza en una única dirección, y, al llegar al final, se procede al secado y a la recuperación de la tinta sobrante.

#### Fotoplotter

La copia se obtiene impresionando una película fotosensible con una fuente de luz alógena o láser. Esto se traduce en un nivel de precisión superior.

### UNA NUEVA FORMA DE REPRESENTACION GRAFICA

El arquitecto y el diseñador en general, se sirven del dibujo como instrumento para elaborar y comunicar sus creaciones. La diferencia fundamental entre el dibujo manual y el Asistido por Ordenador no estriba en el resultado, sino en la propia metodología del proceso.

El principio de la interacción para la consecución de gráficos fue ya establecido en la tesis de Ivan Sutherland (antes aludida); y aunque no es patrimonio exclusivo de los sistemas C.A.D., es en ellos donde adquiere especial relevancia. El ordenador procesa en todo momento la información que el operario introduce a través de alguno de los periféricos de entrada, y muestra los resultados sirviéndose de un dispositivo de salida gráfica. Esta comunicación se dice que es de alto nivel (por cuanto se acerca en la medida de lo posible a la humana) y que se produce en tiempo real (es decir, lo más rápida posible para que resulte operativa).

En C.A.D. se edita, a diferencia de los procedimientos de dibujo tradicional, donde el individuo traza y borra con ayuda de determinados utensilios. Esto es, el ordenador interpreta la imagen como un conjunto de entidades, y almacena igualmente los datos que cada una tiene asociados. De este modo puede realizar una serie de modificaciones sin deterioro alguno del soporte gráfico: Borrar total o parcialmente; mover o girar determinados elementos; cambiar tamaños, tipos o colores; extender en una o varias direcciones; duplicar (incluso en forma de matriz bidimensional); o sustituir una entidad por otra diferente. Toda operación de edición implica una previa de aislamiento, esto es, seleccionando aquella fracción del gráfico que se desea tratar.

Cualquier sistema C.A.D. dispone de una serie de recursos en orden a facilitar la introducción de datos. En primer lugar, acudiendo a los periféricos de entrada descritos en el apartado anterior; pero también: Desplegando menús o listas de opciones mediante sistemas muy diversos de referencia a entidades. El método de captura por malla (grid snap) recurre a una cuadrícula imaginaria para facilitar el trazado; el de captura por punto (point snap) evalúa una determinada posición simplemente aproximándose a ella (por ejemplo, calculando la intersección de dos líneas).

Un gráfico puede incluir niveles o capas diferentes, dotadas de parámetros distintos y que pueden activarse/desactivarse de modo automático. Esto permite desarrollar elementos auxiliares a partir de un dibujo base (por ejemplo, una planta de estructuras sobre una de distribución) como haríamos tradicionalmente por superposición de vegetales.

El usuario puede personalizar sus propios recursos, configurando de una cierta forma la presentación por menús, o creando bibliotecas particulares de símbolo, textos, patrones y estándares en general. Análogamente, tiene capacidad para incorporar el potencial de cálculo del sistema con el fin de facilitar determinadas decisiones de diseño y evaluar constantemente las posibilidades del producto.

Una de las características fundamentales que hacen del C.A.D. un medio de representación gráfica óptimo, es la precisión. Ya hemos apuntado anteriormente que ésta puede venir por la forma de introducir los datos o de instrumentar los cálculos. Ahora hemos de articular dos nuevos conceptos: Acotación y tolerancia. C.A.D. permite acotar automáticamente, con gran exactitud, y mostrar la cifra resultante de acuerdo a un formato predefinido. Algunos sistemas incluyen procesos de acotamiento asociativo, esto es, variando las cotas de acuerdo a modificaciones ulteriores. La tolerancia puede definirse con un cierto grado de amplitud, conforme a los criterios del proyectista.

Los gráficos se introducen en base a un sistema general de coordenadas. Una vez definido el objeto, es posible obtener cualquier vista del mismo, ya sea frontal o axonométrica, y a la escala deseada. Los sistemas más avanzados contemplan la perspecti-

va cónica e incluso la realización de secciones fugadas. En cualquier caso se puede eludir el trazado de líneas ocultas.

Por último, cabe mencionar la idea de dibujo inteligente. Con este término se suele hacer referencia a la posibilidad de asociar a cada entidad un determinado volumen de información. Esto es, combinar gráficos y textos de forma que el conjunto de la información que constituye un diseño pueda ser tratado como una base de datos cualquiera.

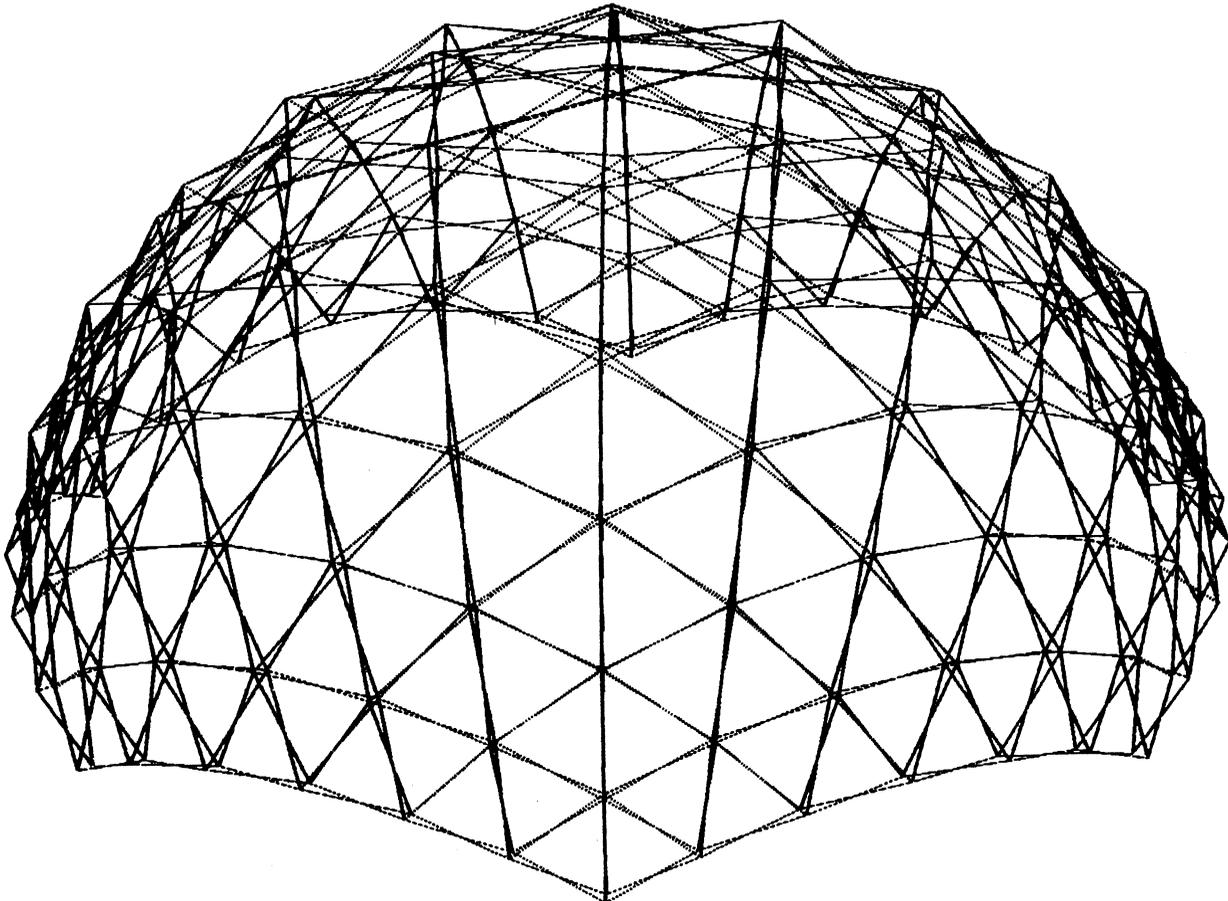
#### C.A.D. Y PRACTICA ESTRUCTURAL

La estructura de un edificio no es sino un elemento más de su diseño global, por cuanto contribuye a la definición de los espacios que lo conforman, y asegura su estabilidad y resistencia en unas condiciones de servicio adecuadas. Ha de concebirse, por tanto, integrada en los criterios generales de diseño, y es precisamente en ese proceso creativo donde los sistemas C.A.D. pueden reportar todas las ventajas descritas en el capítulo anterior.

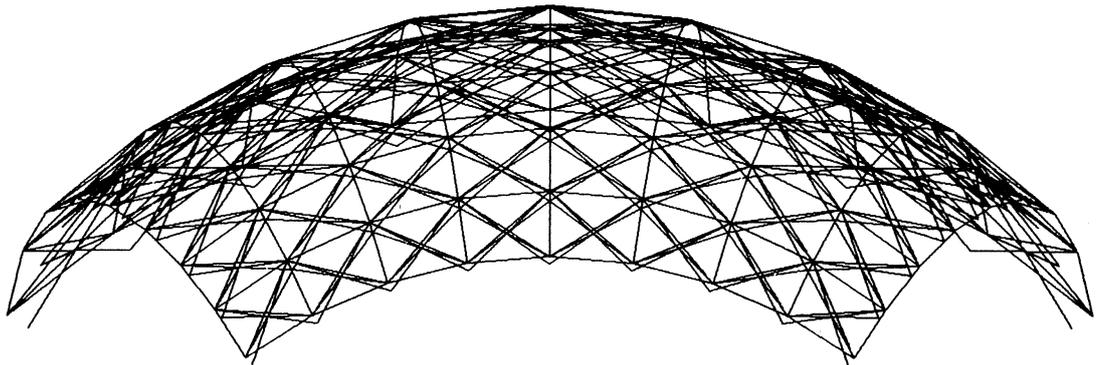
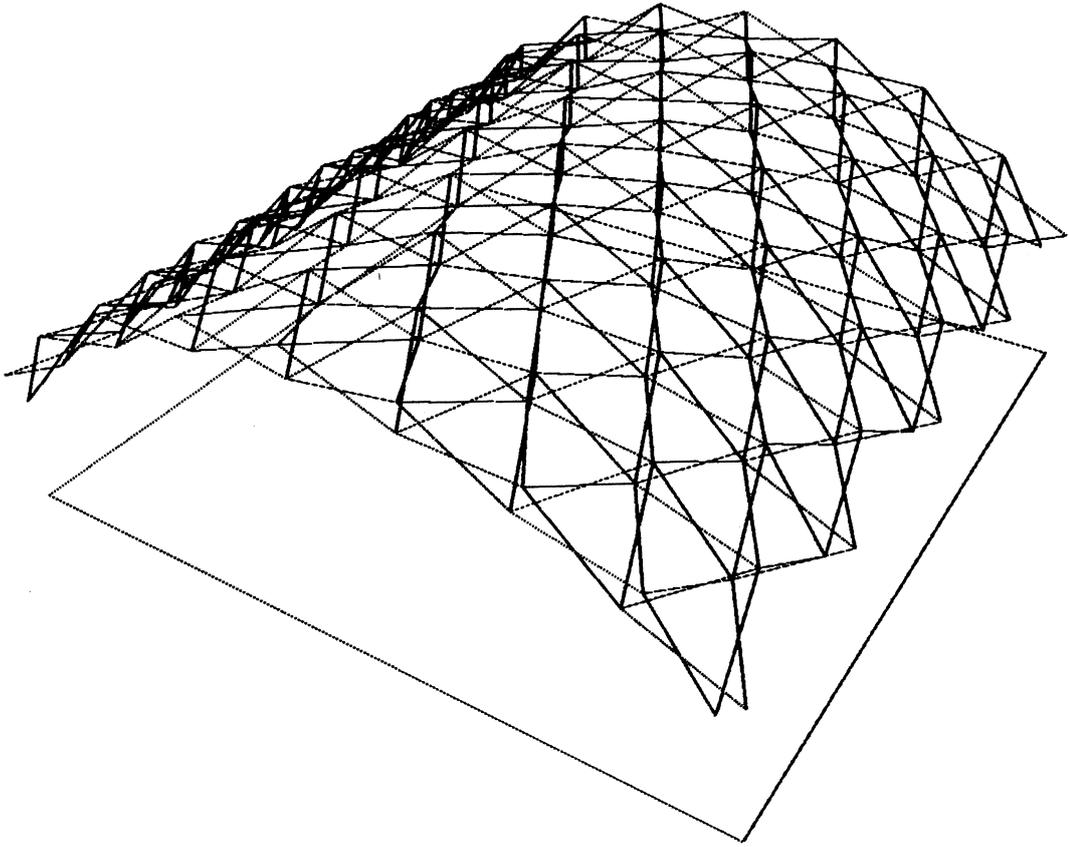
En este sentido, pueden utilizarse nuevas capas para definir la estructura a partir de un plano base (normalmente de modo interactivo). O bien generar y visualizar de forma inmediata y desde cualquier punto de vista, una tipología de representación compleja (por ejemplo, de entramado tridimensional). También someterla a algún tipo de simulación o analizar con relativa comodidad determinadas condiciones de compatibilidad. Sin duda, el lector podrá apuntar muchas otras.

Por nuestra parte, hemos de señalar una vía más para obtener un mayor rendimiento de los recursos del Diseño Asistido; y es la derivada del tratamiento de la documentación asociada a cada figura.

Una imagen generada por ordenador hace referencia a una base de datos, que consiste en un archivo con información ordenada de acuerdo a un formato específico. Dicha base puede manipularse empleando una combinación de técnicas de edición de gráficos y/o texto en orden a guardar, clasificar o inventariar selectivamente los datos que la conforman. Conociendo el esquema bajo el que se produce el almacenamiento, resulta factible extraer todo aquello que nos pueda ser útil de cara a instrumentar una aplicación en principio ajena al propio sistema.



Figs. 13 a 15.—DISTINTAS VISUALIZACIONES DE CUPULAS Y BOVEDAS DEFINIDAS POR UNA ESTRUCTURA DE TIPO DESPLEGABLE.



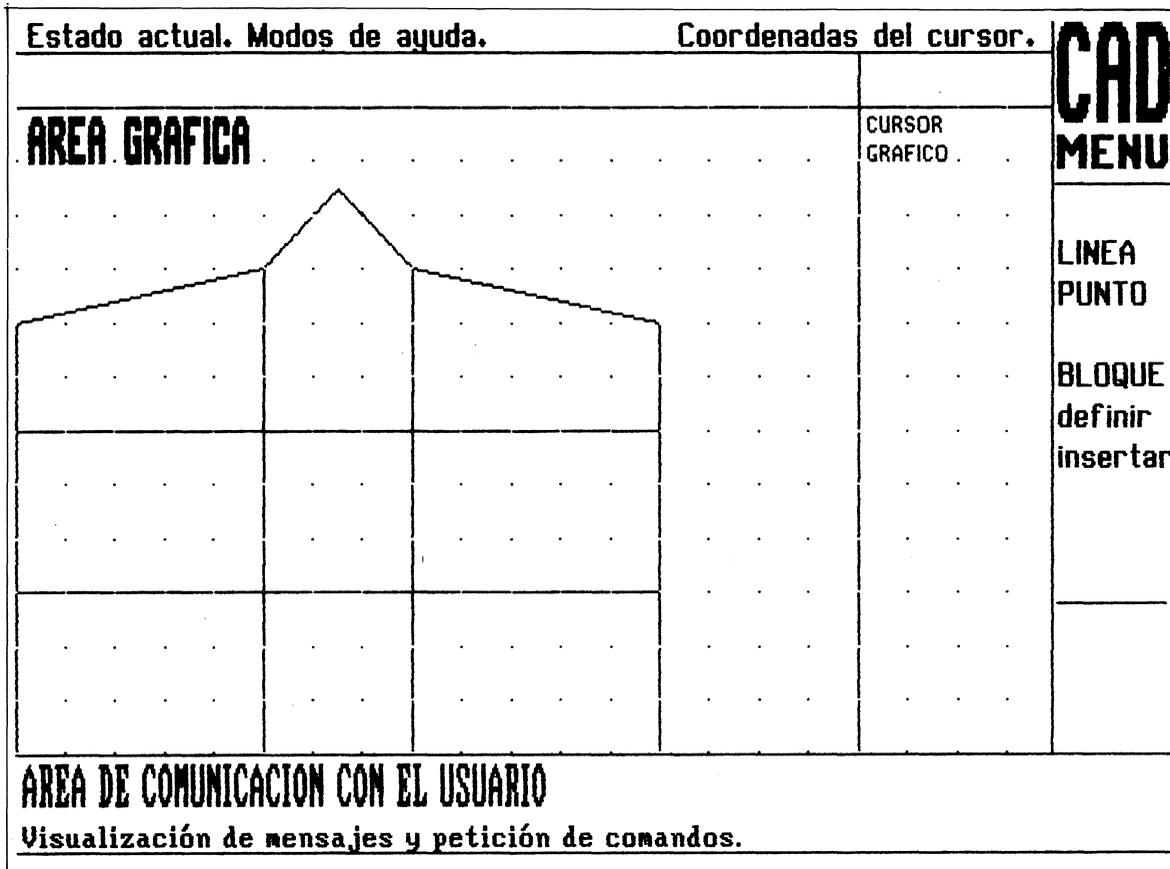


Fig. 16.—PORTICO PLANO GENERADO EN UN ENTORNO DE DISEÑO ASISTIDO.

Pongamos un ejemplo. Cualquiera que haya empleado un paquete de cálculo matricial donde no existiese un programa de generación automática, calificará de dilatado y tedioso el proceso de introducción de datos vía teclado. Esta operación puede simplificarse notablemente dentro de un entorno de Diseño Asistido.

Consideremos en primer término los aspectos relativos a la idealización geométrica del diseño. Siempre que la estructura pueda asimilarse de alguna forma a un entramado de barras, bastará invocar para cada uno de sus componentes el comando de trazado de líneas y facilitar las coordenadas de sus puntos extremos. Para mayor comodidad, podemos señalar la posición de los distintos nodos con alguno de los periféricos de entrada gráfica antes descritos, y tomando como base un boceto o plano previo (por ejemplo, una planta de distribución). Si la estructura presenta además fracciones repetidas (lo que por otra parte resulta muy frecuente), bastará definir las una única vez como entidad conjunta e insertarlas después tantas veces como sea preciso o en forma de matrices bidimensionales.

Definimos en el apartado anterior el dibujo inteligente como aquel cuyas entidades se encuentran asociadas a un cierto nivel de información. Esta idea puede ser de gran utilidad a la hora de completar la idealización del conjunto. Esto es, indicar las dimensiones reales de los elementos que lo integran, introducir las características de los materiales utilizados, describir las solicitudes que afectarán a la estructura, y aplicar vínculos y condiciones de contorno.

En general, se tratará de asignar a cada entidad (línea o punto) un determinado número de atributos, y de referenciar éstos a los distintos factores que intervienen en el problema. Por ejemplo, el color, el grosor y el tipo de línea pueden indicar la sección y el material que definen el elemento, así como el tipo de acciones a que se somete. Vínculo y solicitudes podrán especificarse mediante la inserción de dibujos previamente desarrollados (con un cierto componente nemotécnico). El usuario también dispone de los medios necesarios para facilitar estas operaciones mediante la creación de bibliotecas de símbolos o de menús personalizados.

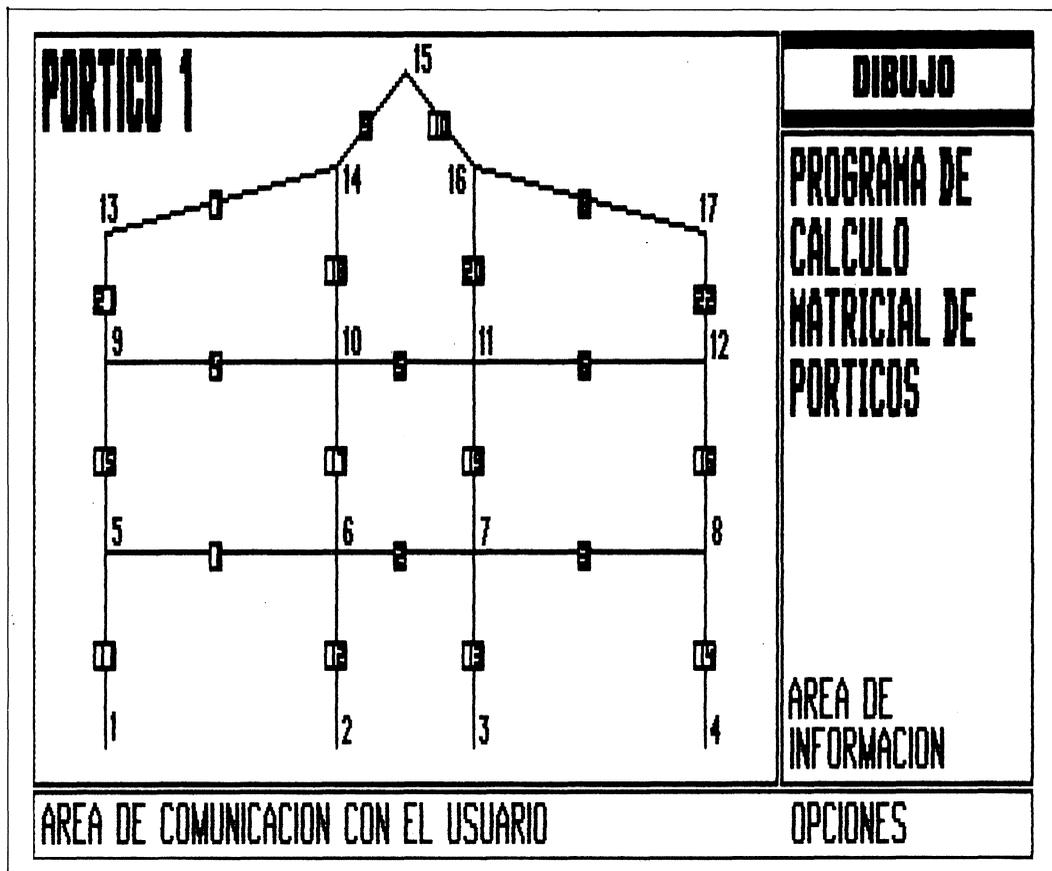


Fig. 17.—EL PORTICO DE LA FIGURA ANTERIOR, UNA VEZ CAPTURADO E INCORPORADO A UN PROGRAMA DE CALCULO DEL AUTOR.

Al final, el sistema es capaz de generar un fichero de salida, que podrá interpretarse automáticamente y con ayuda de un programa, conforme a las asociaciones preestablecidas y a los criterios del software de cálculo.

El Departamento de Tecnología de la Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de La Coruña (del que el autor forma parte), se encuentra actualmente trabajando en la aplicación práctica de estos temas al cálculo de:

- Pórticos y emparrillados bidimensionales de nudos rígidos.
- Estructuras articuladas planas.

- Estructuras reticuladas tridimensionales.
- Mallas espaciales, y
- Estructuras desplegables.

Esta última investigación se realiza en su mayor parte bajo la financiación de la D.G.I.C.Y.T. (referencia PB88-0269-C02-02).

Los resultados obtenidos hasta el momento han demostrado la operatividad de las teorías expuestas, confirmando así la concepción del C.A.D. como una herramienta de gran potencia también en el ámbito de la práctica estructural.

#### BIBLIOGRAFIA

- CAD. DISEÑO, DIBUJO, GESTION DE DATOS. Para arquitectos, diseñadores e ingenieros. E. Lee Kennedy. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona, 1988.
- A FONDO: CAD/CAM. Daniel J. Bowman & Annette C. Bowman. Ediciones Anaya Multimedia, S. A. Madrid, 1989.
- CAD/CAM. Barry Hawkes. Editorial Paraninfo. Madrid, 1989.
- SISTEMAS CAD/CAM/CAE. Diseño y fabricación por computador. Marcombo Boixarem Editores, serie Mundo Electrónico. Barcelona, 1986.
- AUTOCAD AVANZADO. VERSION 10. J. López Fernández & J. C. Bartolomé Larrinaga. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. Madrid, 1986.
- GUIA DEL USUARIO AUTOCAD. Dibujo asistido por ordenador. J. L. Cogollor Gómez. Editorial Rama. Madrid, 1988.
- TECNICAS DE DISEÑO CON AUTOCAD. J. L. Cogollor Gómez. Editorial Rama. Madrid, 1988.
- AUTOCAD. LA GRAN GUIA. Daisi Informática. Grupo Editorial Jackson. Madrid, 1987.

(1) Un bit es la menor cantidad de información que puede ser almacenada y procesada por un ordenador digital, y sólo toma los valores 0 ó 1. Los ordenadores también se clasifican por el máximo tamaño de palabra (expresado en bits) que puede procesar una unidad durante un ciclo de instrucción.