

SISTEMA CAD INTEGRADO PARA LA EDIFICACION

(INTEGRATED CAD FOR BUILDINGS)

Alfonso Recuero, Dr. Ingeniero de Caminos
IETcc/CSIC. España

Fecha de recepción: 21-XI-88

403-13

RESUMEN

El desarrollo de sistemas CAD para la construcción no debiera ser muy ambicioso en principio, ya que esto podría engendrar problemas económicos y una falta de entusiasmo en el caso de que los objetivos iniciales no puedan ser alcanzados.

La construcción de edificios cubre un amplio rango de actividades y de ramas profesionales. De hecho existe un cierto número de aplicaciones que cubren los principales sectores implicados de manera satisfactoria e independiente. Este es el caso por ejemplo de: la topografía, la geometría, la estructura, las instalaciones y la organización. El Instituto Eduardo Torroja, conjuntamente con otros centros de investigación y de oficinas técnicas de proyecto, trabaja actualmente en un proyecto de investigación, cuyas grandes líneas se detallan a continuación.

La integración de las diferentes aplicaciones existentes se hará de manera progresiva con el estudio detallado de las bases de datos correspondientes y su conexión con una o más bases generales de datos. Se prestará una atención especial a la interface usuario computador. Se especializarán los sistemas gráficos 3-D para tener en cuenta las diferencias que existen entre las aplicaciones mecánicas y de la construcción. Se investigará para mejorar la aplicación de algunos algoritmos gráficos; Los modelos de análisis estructural a utilizar serán eficaces y suficientemente complejos. Algunos problemas específicos, tales como las uniones de soportes con forjados, deberán ser resueltos satisfactoriamente. La introducción de técnicas de inteligencia artificial para la toma de decisiones relativas a ciertos puntos específicos presentan igualmente un gran interés.

SUMMARY

The development of CAD systems for building construction must not be excessively ambitious to begin with, as this could mean economic problems and a lack of enthusiasm when over —ambitious initial objectives— are not achieved.

Building construction covers a very wide range of activities and professionals. In fact, there exists a number of applications which cover the main areas involved in a satisfactory and independent manner: e.g. topography, geometry, structure, installations and management. The Instituto Eduardo Torroja, together with other Research Centres and Technical Project Offices, is working on a research project, the guidelines of which are as follows:

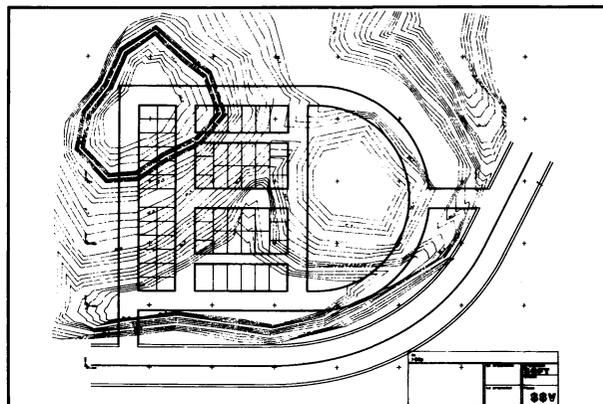
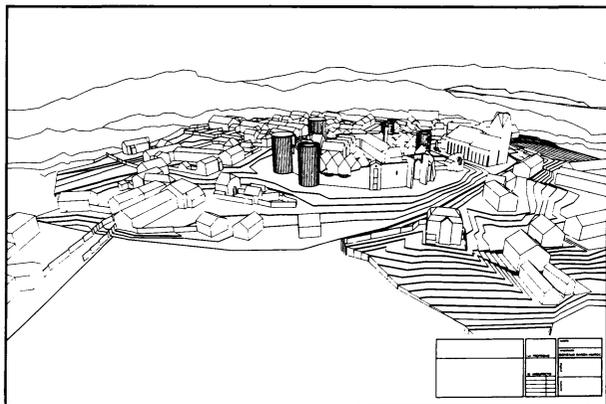
The integration of the different existing applications will be made gradually with a detailed study of their corresponding data bases and their connection to one or more general data bases. Special attention will be paid to the user computer interfaces. The 3-D graphic systems to be used should be more specialised, taking into account the differences that exist between mechanical and building applications. Research is also needed to improve the performance of some graphic algorithms; the structural analysis models to be used must be efficient and adequately complex. Some specific problems, also, such as column slab connections, etc. must be satisfactorily solved. The introduction of artificial intelligence techniques for making decisions on some specific points is also of interest.

INTRODUCCION

En su más amplio sentido la construcción de edificios cubre los aspectos de proyecto y construcción en los campos de arquitectura y urbanismo. Puede abarcar desde la planificación de grandes áreas hasta el amueblamiento de un salón comedor.

Aunque en muchos países la arquitectura y el urbanismo son actividades separadas, ambas actúan sobre las mismas áreas de la edificación, sólo que en diferente escala. Estas actividades tan amplias implican la par-

ticipación de un gran número de técnicas. Estas son: topografía y geotecnia, diseño arquitectónico y urbanístico, representaciones gráficas, análisis y diseño estructural, proyecto de instalaciones, contenidos constructivos, y gestión y administración de la obra. En todos los campos citados existe un número de aplicaciones de computador que resuelven los problemas de cada área, pero no existe una aplicación integrada que cubra todas o la mayoría de ellas para la construcción de edificios, como ocurre en otras actividades industriales.



Sería imprudente pensar en una informatización total desde el principio. Sería más prudente proceder paso a paso, integrando las aplicaciones existentes que ya han sido utilizadas satisfactoriamente y han resultado eficaces. Sus correspondientes bases de datos pueden unirse a otras a través de una o más bases generales de datos, poniendo especial atención en el diseño de una adecuada interface usuario computador.

Es aconsejable una especialización de algunas aplicaciones estándar, por ejemplo gráficos 3-D, a las peculiaridades del sector. Así mismo la introducción de técnicas basadas en sistemas expertos deben ser consideradas para tomar decisiones en distintas partes del proceso.

El tiempo consumido en la ejecución de algunos aspectos del proyecto, tales como el análisis estructural y el dibujo de planos y perspectivas, es muy importante y debe investigarse con objeto de mejorar los algoritmos utilizados en estos puntos críticos.

El autor dirige una investigación en el Instituto Eduardo Torroja en la que se está trabajando en esta dirección, en colaboración con otros Centros de investigación y oficinas técnicas de proyectos. El proyecto N.º PB0344 denominado "Desarrollo de sistemas de CAD para el proyecto completo de estructuras de hormigón", tiene el soporte financiero de la DGICYT (Dirección General de Investigación Científica y Técnica) y cubre el desarrollo de sistemas CAD para edificios de hormigón armado y para puentes de hormigón armado y pretensado. En este artículo se describen algunos de los objetivos relacionados con las estructuras de edificación.

Debe señalarse la diferencia existente entre análisis y diseño. Mientras que el análisis significa el estudio del comportamiento de un sistema ideal y bien definido, el diseño es una actividad que conduce a una definición del sistema ideal mencionado. El proceso de diseño siempre implica una etapa inicial de concepción en la que se debe elegir la solución o familia de solu-

ciones adecuada. En esta etapa, la inteligencia, la creatividad y la experiencia del proyectista juegan un papel muy importante y, en tanto que estas cualidades son propias del espíritu humano, el proyectista puede ser ayudado pero no sustituido.

OBJETIVOS DE LOS MODELOS TOPOGRAFICOS Y GEOTECNICOS

El objetivo en este campo es la creación de una base de datos que contenga datos topográficos y geotécnicos del terreno para conocer no sólo la geometría de la superficie sino también las características de los diferentes estratos del terreno, deducidas estadísticamente de ensayos geotécnicos. Los datos se tomarán de las bases de datos disponibles en las administraciones regionales y nacionales, y de las libretas de campo de los levantamientos topográficos que puedan estar registrados manual o electrónicamente. Debido al pequeño número de ensayos geotécnicos de los que normalmente se dispone en arquitectura y urbanismo, los datos tienen que ser procesados estadísticamente.

Puesto que distintas aplicaciones del sistema deberán utilizar el modelo topográfico, éste debe ser discretizado y mantenido adecuadamente, y deberá incluir rútiles, viales, edificios, etc. para facilitar la producción de planos.

OBJETIVOS DEL MODELO GEOMETRICO

El modelo geométrico es uno de los puntos más importantes del proyecto, ya que está relacionado íntimamente con los otros modelos. El principal objetivo es la investigación y desarrollo de una base de datos que sea adecuada para las características de la construcción de edificios. La práctica común es emplear aplicaciones gráficas 3-D estándar, normalmente procedentes de la mucho más automatizada industria mecánica. Pero la edificación posee algunas características

especiales que hacen aconsejable modificar estas aplicaciones para obtener otras más especializadas.

Algunas de estas características son:

A veces el mismo programa se utiliza para proyectar edificios de características muy diferentes (viviendas, hoteles, hospitales, etc.). Esto hace que las bibliotecas de elementos alfanuméricos o gráficos deban ser grandes.

Dado el gran número de pequeñas empresas que participan, los fondos destinados para el desarrollo de este tipo de sistemas son escasos a pesar del gran volumen de datos que deben ser manejados. Esto pone la responsabilidad de la creación, mantenimiento y difusión de las bases de datos en las manos de la administración.

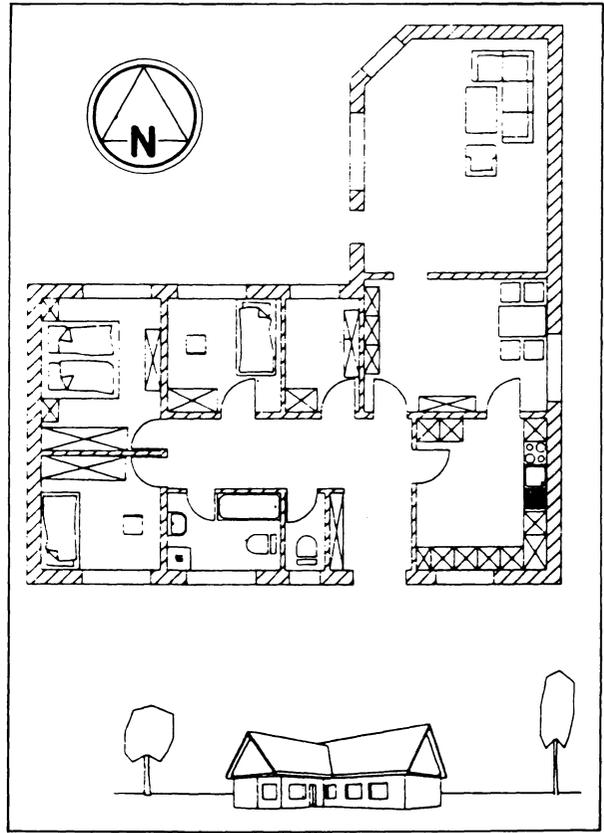
Los elementos no son regulares, de hecho podemos decir que pueden ser moldeados. La precisión de sus dimensiones se mide en centímetros y pueden fabricarse con materiales heterogéneos.

En la mayor parte de los casos las escenas son grandes, están formadas por muchos elementos simples mutuamente excluyentes, y pertenecen a una gran biblioteca. Estas representaciones tienen además de un valor práctico un valor estético.

Las representaciones deben hacerse utilizando distintas escalas. Las escalas 1:500 y 1:2 son muy normales en los planos de un mismo proyecto.

La aplicación especializada debe poder tratar objetos muy simples, así como representar rápidamente escenas grandes; pero también debe ser capaz de manejar modelos complejos. Una posibilidad es emplear elementos muy simples para construir otros más complejos y utilizar una organización jerarquizada para que en cada momento del proceso se trabaje con el nivel adecuado de complejidad.

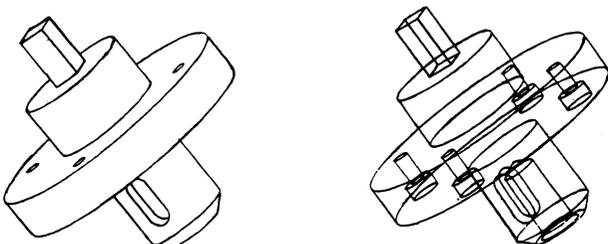
La velocidad de dibujo es importante y tanto los plotters como las pantallas gráficas se utilizan en diferentes etapas del proceso. Queda mucho trabajo por realizar para mejorar los algoritmos correspondientes. Es importante que la representación se simplifique de acuerdo con la escala elegida para los dibujos. Los ele-

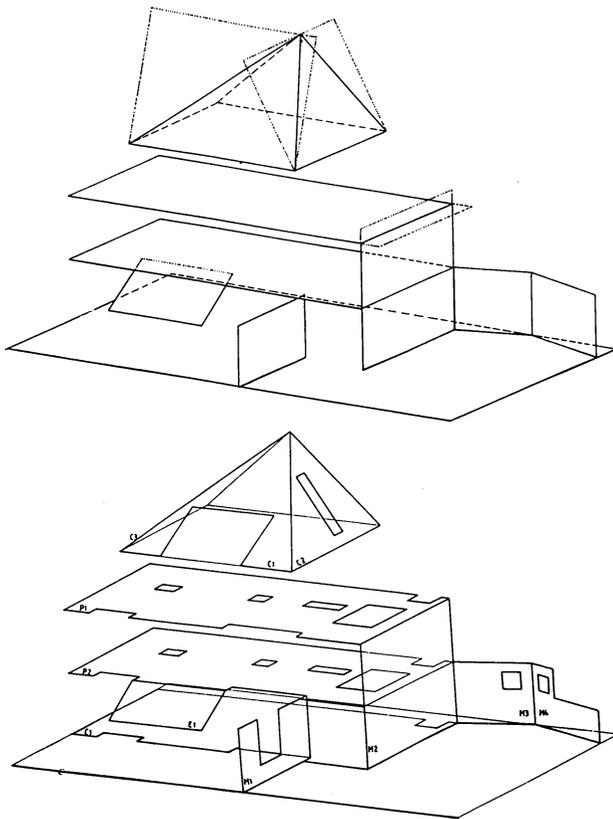


mentos estándar de edificación deben normalizarse, y deben definirse las imágenes estándar de tal forma que su inclusión en los documentos, en sustitución del modelo geométrico complejo, sea suficiente para definirlos sin ambigüedad.

OBJETIVOS DEL MODELO DE ANALISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural fue una de las primeras áreas que se informatizaron. Anteriormente, las estructuras eran proyectadas por ingenieros con gran experiencia, que empleaban muchas horas en estimar los esfuerzos mediante métodos muy simplificados. Estas simplificaciones estaban generalmente muy del lado de la seguridad y conducían a estructuras sobredimensionadas cuyo comportamiento y seguridad no se conocían. Hoy, los programas de CAD son de gran ayuda en los procesos de diseño y pueden producir automáticamente una buena parte de los datos necesarios en el análisis estructural. Por otra parte, las aplicaciones de análisis estructural permiten al ingeniero utilizar modelos estructurales que representan de forma más realista el comportamiento de las estructuras, y permiten juzgar sobre su seguridad. Muchas veces estas aplicaciones pueden, incluso, calcular los detalles de armado y dibujarlos sobre planos. Entre las muchas aplicaciones disponibles, la elegida para ser integrada en el siste-





ma que se desea desarrollar tiene las siguientes características: la estructura es representada por placas que son discretizadas mediante barras rectas de sección constante de material elástico y lineal y sometidas a cargas estáticas. La entrada de datos puede hacerse a través de diferentes periféricos y es muy flexible; la salida de resultados es gráfica y numérica.

A pesar de sus buenas características, la aplicación tiene que ser mejorada en algunos aspectos importantes, tales como:

- Consideración de cargas dinámicas.
- Mejora en la discretización de las placas cerca de los soportes y cimentaciones.
- Consideración del comportamiento no lineal tanto mecánico como geométrico, pero de forma simplificada para evitar procesos iterativos.
- Posibilidad de rediseñar una parte de la estructura, sin alterar el resto de la misma, para cubrir las últimas modificaciones hechas durante la construcción.
- Introducción de los criterios de ductilidad adecuados en el proceso de detalle de armado.
- Conexión entre placas horizontales utilizando elementos distintos de los soportes, tales como escaleras, pantallas, etcétera.

- Consideración de los efectos producidos por la interacción suelo-cimentación-estructura.
- Mejora de la generación automática de casos de cargas y de la selección de los esfuerzos de cálculo.
- Estimación más exacta de las deformaciones, teniendo en cuenta la no linealidad y la variación en el tiempo de las características del material.
- Posibilidad de incluir muros de mampostería, vigas metálicas, y otros elementos empleados en la construcción tradicional.
- Tomar los datos de dimensiones directamente del modelo geométrico.

También debe prestarse atención a otros aspectos menores, tales como la agrupación y corte de las armaduras en estructuras de hormigón, la consideración adecuada de agujeros que no corten los elementos empleados para discretizar las placas, la conexión de placas y soportes, etcétera.

OBJETIVOS DEL MODELO DE CONTENIDOS CONSTRUCTIVOS

La aplicación elegida para ser integrada en el sistema es una base alfanumérica de datos de costes que acepta códigos aleatorios y con precios que varían de acuerdo a las cantidades utilizadas. Esta base de datos también incluye especificaciones técnicas y económicas que serán incorporadas en los documentos del proyecto.

Uno de los objetivos es la introducción de propiedades mediante la asignación de textura a las diferentes superficies; otro es que los detalles constructivos parametrizados serán automáticamente generados a partir de los datos contenidos en las fichas de los elementos. También es importante considerar la posibilidad de utilizar diferentes bases de datos alfanuméricas, con distintos niveles en su estructura de datos, sin imponer limitaciones preestablecidas.

OBJETIVOS DEL MODELO DE GESTION

En el área de gestión hay un número de aplicaciones independientes que se integrará en el sistema. Estas aplicaciones cubren los siguientes aspectos:

- Mediciones manuales y automáticas, utilizando tabletas digitalizadoras.
- Evaluación técnica y estratégica del proyecto, teniendo en cuenta las cantidades medidas.

- Presupuestos.
- Planificación.
- Detalles administrativos del contrato; documentos tales como certificados de almacén de material, trabajos realizados, penalizaciones, bonificaciones, revisión de precios.
- Estudio comparativo de diferentes documentos, tales como presupuestos iniciales y revisados, modificaciones en el presupuesto, certificación de fin de obra.

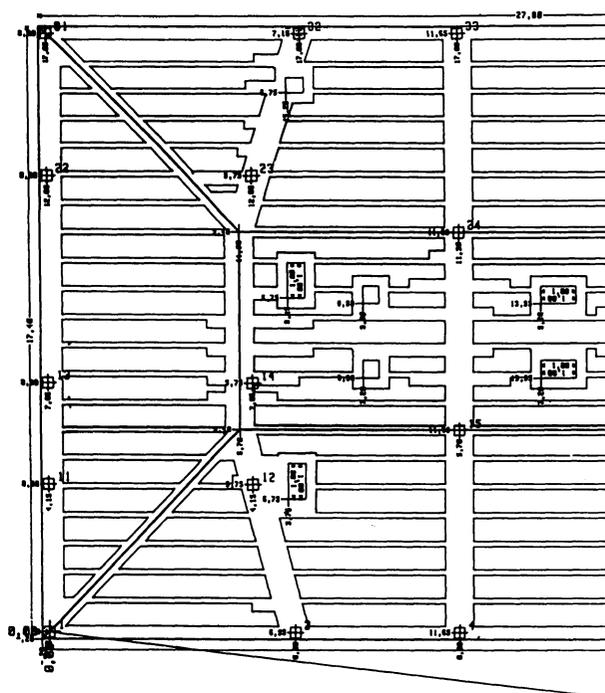
La adecuada integración y utilización automática de todas estas aplicaciones es el objetivo principal de esta sección. Otro objetivo de interés es la autocorrección, si es posible, de las bases de datos, utilizando los resultados reales de las obras ejecutadas. En este caso de tendrá en cuenta las diferencias geográficas y políticas que caracterizan a las bases de datos.

CONCLUSIONES

Los objetivos principales del proyecto pueden resumirse de la siguiente forma:

- Integración de un conjunto de aplicaciones de computador ya existentes, mediante el empleo de una base de datos común.
- Adaptación de las aplicaciones de modelización gráfica 3-D a la construcción de edificios, beneficiándose de las posibles simplificaciones, pero también teniendo en cuenta las características específicas del diseño de edificios citados anteriormente.
- Mejora del rendimiento y calidad de las aplicaciones existentes, mediante el desarrollo de mejores algoritmos y más eficientes en los procesos críticos por-su tiempo de ejecución, así como el desarrollo de nuevas posibilidades, etcétera.

Las bases de datos se unirán de tal forma que no lleguen a estar tan íntimamente interrelacionadas como para que futuras modificaciones importantes de alguna de ellas lleguen a afectar significativamente a otras. La unión se realizará a través de programas de conexión para mantener lo más independiente posible las diferentes bases de datos de las aplicaciones integradas.



AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer la colaboración de P. Brunet, A. Padullés y H. P. Santo, Investigadores principales de los diferentes grupos que están trabajando conjuntamente con él en este proyecto. Ellos han tenido una importante participación en decidir cuáles eran los objetivos a alcanzar en sus respectivas áreas de trabajo.

REFERENCIAS

1. PADULLES A., GOULA, Jordi: DAO de Estructuras Genéricas en Edificación, Discretizables por Placas; Proceedings of Colloquia 88, Vol. III, Madrid 1988.
2. RECUERO, A.: Perspectivas del CAD en Arquitectura e Ingeniería; Informes de la Construcción, Vol. 40, No. 395, pp. 71-78, May 1988.
3. SANTO, H.P.: Interacao Gráfica Pessoa-Computador: Uma Bibliografia Comentada; Internal Report of CMEST-IST, Lisbon.
4. PADULLES A., RECUERO A. and BRUNET, P.: Avant-projet de Construcció Assistida per Ordinador (CAO), integrant les Aplicacions de Disseny Assitid (DAO), pel modelatge: Topografic, Geometric, Estructural, Constructiu i Gestor de l'Obra; AREC-DAO 89. Barcelona 1989.

* * *