

## AMPLIACION DE LA FORMACION EN CAD DENTRO DE LAS ASIGNATURAS DE DIBUJO TECNICO: MODELADO TRIDIMENSIONAL

Sánchez Jiménez, J.; Mateo Carballo, F.; Reina Valle, R.; Fernández de la Puente, A.  
Area: Expresión Gráfica en la Ingeniería  
Dpto.: Ingeniería del Diseño.  
Universidad de Sevilla  
C/ Virgen de Africa, 7 - (41011) Sevilla. Tfno.: (95) 455.28.24 - Fax: (95) 455.28.25  
E-mail: jsanchez@platero.eup.us.es

---

### RESUMEN

En el curso 96/97 se incorporaron las prácticas de CAD a la docencia de Dibujo Técnico para los alumnos de Ingeniería Técnica Industrial en la Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla. Dichas prácticas recogen el carácter bidimensional del CAD durante el primer curso, mientras que en la asignatura de segundo curso se analizan las posibilidades que ofrece el uso de esta herramienta en tres dimensiones. Con esta comunicación, pretendemos exponer las ventajas que introduce el modelado tridimensional de objetos mediante CAD así como los resultados de nuestra experiencia con estas prácticas.

---

### 1. INTRODUCCION

Es indiscutible la evolución que ha experimentado, en todos los campos de la ingeniería, la utilización de ordenadores, llegando a ser imprescindible en todo proceso de diseño y dibujo técnico. No cabe duda, por tanto, que esta situación debe quedar reflejada en la docencia del Dibujo Técnico en las Escuelas de Ingeniería Técnica Industrial.

No debemos olvidar, sin embargo, que la utilización del ordenador no es más que una herramienta que facilita la aplicación de los conocimientos teóricos de expresión gráfica. Es por ello, por lo que consideramos que el aprendizaje de las herramientas de Dibujo Asistido por Ordenador (D.A.O., más conocido como CAD, del inglés *Computer Aided Design*) debe ir íntimamente ligado a la docencia “tradicional” del Dibujo Técnico desde el primer contacto del alumno con esta materia.

Por otro lado, podemos distinguir dos vías fundamentales dentro del uso del ordenador como instrumento de diseño gráfico: la primera consiste en la obtención de dibujos bidimensionales y una segunda centrada en la creación de modelos tridimensionales. Es en la segunda de estas vías donde los avances del CAD frente a los sistemas tradicionales de dibujo son mayores.

Atendiendo estas dos consideraciones es como hemos planteado en el seno del Dpto. de Ingeniería del Diseño la incorporación del CAD a la docencia de Dibujo Técnico. Estudiaremos a lo largo de esta comunicación la importancia y el lugar que le corresponde al estudio de estas herramientas dentro de las asignaturas del Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería, haciendo especial hincapié en la modelización tridimensional. Posteriormente, basándonos en el desarrollo expuesto y en la infraestructura disponible, formularemos la estructura óptima para la enseñanza del CAD tridimensional dentro de nuestra docencia.

### 2. IMPORTANCIA DEL CAD DENTRO DE LA EXPRESION GRAFICA EN LA INGENIERIA

La introducción del ordenador dentro del proceso productivo es uno de los responsables de los mayores avances aparecidos en la industria en los últimos años. Este hecho ha tenido lugar en todas las fases del ciclo de

vida de un producto; así, la creciente automatización de los procesos industriales ha sido posible gracias, fundamentalmente, a la incorporación de los ordenadores en la producción.

También, en las últimas décadas, la utilización del ordenador ha contribuido a mejorar la fase de diseño. En la actualidad, se han reducido costos y tiempos de diseño, así como tiempos de respuesta ante los cambios de producción, debido a la aparición de potentes herramientas gráficas que permiten al diseñador visualizar perfectamente su diseño con la posibilidad de realizar análisis, cálculos, comprobaciones y todo tipo de estudios destinados a optimizar y definir completamente un prototipo.

El uso de estas herramientas de Diseño Asistido por Ordenador hace posible introducir, procesar, representar y almacenar información gráfica por medio de un ordenador. Para sacar el máximo rendimiento a estas técnicas, los programas de CAD llevan incorporados una serie de utilidades, accesorios, etc., que facilitan enormemente las anteriores tareas. De esta forma, las técnicas de CAD presenta ciertas ventajas debido a la introducción de opciones que no son posible realizar mediante el dibujo “tradicional”. Entre ellas, cabe destacar:

- Incremento de la productividad
- Aumento de la rapidez
- Mejor intercambio de datos
- Más preciso
- Fácil de usar, no se exigen grandes esfuerzos
- Económico, rápido retorno de la inversión
- Aumenta la automatización
- Reutilización de la información

Sin embargo, podemos enumerar algunos inconvenientes que presenta la incorporación de estas técnicas y que hay que tener en cuenta:

- Tiempo de aprendizaje. Son necesarios unos conocimientos básicos de informática y hay que conocer un programa informático de CAD y familiarizarse con su entorno.
- Coste inicial. Se requiere un soporte físico potente (*Hardware*) y un programa de CAD (*Software*) adecuado a las necesidades del diseñador y de la empresa en donde se realice el diseño.
- Resistencia al cambio. Se debe disponer de un potencial humano dispuesto a sumir estas aplicaciones, ya que la reconversión de proyectistas para su aprendizaje es en ocasiones larga y costosa.

Ahora bien, manejar un sistema CAD no es tan sólo dominar un conjunto de instrucciones de un programa informático, sino que exige también un conocimiento del proceso de diseño y de todos los procesos que conlleva el mismo. No podemos olvidar que el técnico seguirá siendo el proyectista o el diseñador, el cual dispone de una herramienta muy valiosa que le ofrecerá una ayuda de valor inestimable, pero que si la concepción del diseño es mala, la utilización de CAD no contribuirá a mejorarlo, aunque sí es posible que se detecten antes los errores.

Tampoco los profesores de Dibujo Técnico podemos caer en el error de considerar el estudio de una herramienta como es el CAD como la base fundamental de la formación en Expresión Gráfica en la Ingeniería. En cualquier caso, podríamos considerar al CAD como uno de los múltiples aspectos que conforman la Expresión Gráfica, pero sin olvidar que los pilares fundamentales en la formación gráfica del Ingeniero siguen siendo la Geometría Descriptiva como racionalización geométrica de la representación y la Normalización como una serie de convencionalismos que afectan a la formalidad de la representación.

El Profesor M. Bermejo define la Expresión Gráfica como “el lenguaje usado en el mundo de la técnica para su materialización práctica”. Por tanto, la Expresión Gráfica es un medio de comunicación, un lenguaje, y su estudio no debe centrarse en los instrumentos que nos permiten materializarlo.

En este sentido, el Profesor J.C. de San Antonio clasifica los medios gráficos de que disponemos para la representación en tres grandes grupos: los *geométricos*, que se encargan de la racionalización del espacio desde el punto de vista científico; los *formales* que unifican los convencionalismos gráficos; y los *materiales* que tratan

de los instrumentos técnicos o herramientas que lo hacen posible, es decir, son los utensilios por medio de los cuales, las propiedades geométricas y las codificaciones gráficas, adquieren corporeidad gráfica bidimensional configurando el objeto representado. Entre los medios materiales de la representación pueden distinguirse los medios tradicionales y las nuevas tecnologías.

### 3. CAD TRIDIMENSIONAL

En la utilización de los sistemas de CAD, podemos distinguir dos vías fundamentales, consistentes en la representación geométrica en dos o tres dimensiones. La primera nos permite la realización de dibujos bidimensionales por medio de puntos, arcos, rectas y curvas especiales obtenidas utilizando las opciones de trazado que nos proporciona el programa. La segunda de estas vías se centra en la creación de modelos tridimensionales y es en ella donde los avances del CAD frente a los sistemas de dibujo tradicionales son mayores.

La descripción de objetos tridimensionales mediante técnicas de dibujo técnico tradicional implica recurrir a representaciones mediante proyecciones en dos dimensiones haciendo uso de los distintos sistemas de representación. La aparición de la representación gráfica por ordenador da un vuelco a esta situación al poder representar y manipular objetos tridimensionales como tales. Los programas de CAD tridimensionales hacen posible las siguientes opciones:

- Visualizar los objetos desde distintos puntos de vista, seccionarlos y proyectarlos sobre planos.
- Estudio de encajes e interferencias.
- Conocimiento de propiedades másicas.
- Simulaciones de mecanizado, dinámicas y estáticas.
- Intercambio de ficheros con aplicaciones dedicadas a la simulación o el cálculo como los paquetes de elementos finitos.
- Representación realista del objeto (sombreados con color y texturas).

Este hecho puede suponer, en el futuro, toda una revolución dentro de la expresión gráfica al poder ser sustituidos los tradicionales planos técnicos con la representación de un determinado objeto por el soporte informático de su modelo tridimensional realizado mediante un programa de CAD 3D.

La creación de geometría tridimensional es posible gracias a modelos matemáticos que habitualmente están incorporados en los programas de CAD. Podemos distinguir tres tipos de modelos:

- Modelado alámbrico: Consiste en representar los vértices del objeto y las líneas que los unen. Es la forma más sencilla de representación y es muy rápida con los cálculos, aunque presenta los inconvenientes de que el modelo es, en ocasiones, ambiguo y no distingue entre líneas vistas u ocultas.
- Modelado de superficies: El modelo es representado por medio de caras poligonales definidas por sus aristas. De esta forma se obtienen modelos no ambiguos y permite todo tipo de visualizaciones, proyecciones y cortes por planos cualesquiera, si bien en los cortes es incapaz de distinguir qué zona corresponde al material y cuál está vacía. Por medio de diferentes algoritmos se pueden detectar las líneas vistas y ocultas.
- Modelado de sólidos: Este modelo consiste en la combinación por medio de operaciones booleanas (unión, intersección y diferencia) de unos sólidos más sencillos denominados primitivas. Permite el cálculo de las propiedades másicas del modelo, aunque presenta el inconveniente de que no se pueden representar piezas con superficies curvas complejas debido a la escasa gama de figuras primitivas.

#### 4. ESTRUCTURA UTILIZADA EN LA DOCENCIA DE CAD TRIDIMENSIONAL

Tras considerar que el papel que desempeña el CAD dentro de la formación en Expresión Gráfica de un alumno de Ingeniería Técnica Industrial es el de una herramienta muy importante, pero que no deja de ser una herramienta, los profesores de la asignatura Dibujo Técnico I de la Escuela Universitaria Politécnica, pertenecientes al Dpto. de Ingeniería del Diseño, entendíamos que la enseñanza del uso de estas aplicaciones debería centrarse en la realización de unas sesiones de prácticas que complementen las prácticas tradicionales en las que el alumno desarrolla los conocimientos adquiridos en las clases teóricas.

Mediante una encuesta realizada durante el pasado curso en la asignatura de Dibujo Técnico I, comprobamos que nuestras consideraciones sobre el CAD dentro de la formación de Dibujo Técnico eran compartidas con los alumnos. En dicha encuesta, la mayoría de los alumnos (66,3%) opinaron que la importancia del CAD dentro de la formación del Ingeniero Técnico Industrial (fig.1) es muy alta. Por otro lado, apreciamos que los alumnos siguen estimando necesarias las prácticas de Dibujo Técnico convencionales para asimilar los conocimientos teóricos, considerando que el porcentaje idóneo de horas dedicadas a prácticas de CAD frente a las horas dedicadas a prácticas convencionales es del 50% (fig.2).

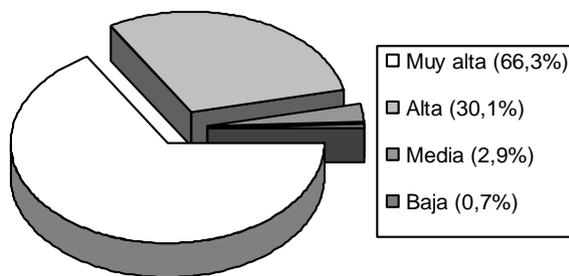


Fig.1.- Importancia del CAD en la formación de I.T.I.

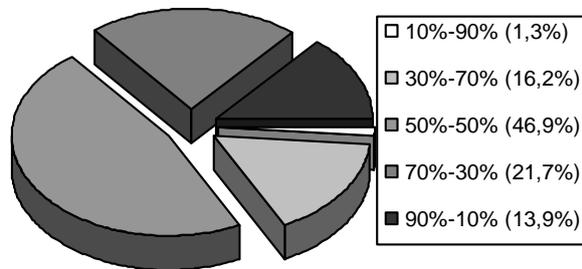


Fig. 2.- Porcentaje CAD/Dibujo Convencional.

Dentro de las asignaturas de Dibujo Técnico, se han separado las dos vías que proporcionan los sistemas de CAD. Durante la asignatura Dibujo Técnico I se aborda la obtención de dibujos bidimensionales, mientras que en las asignatura Dibujo Técnico II nos centramos en la creación de modelos tridimensionales.

Las prácticas de CAD se han incorporado a la docencia de Dibujo Técnico durante el pasado curso 96/97, en el que se inauguró una nueva Aula de Informática en la Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla que permite la docencia de CAD con garantías. Dicha aula, con capacidad para 50 alumnos, consta de 25 ordenadores y otro adicional para el profesor conectado a una pantalla de cristal líquido que permite la proyección en una pantalla mediante un retroproyector.

La primera decisión que tuvimos que adoptar se centraba en el tipo programa de CAD que íbamos a emplear. Nos decidimos por un programa comercial de gran versatilidad y que está ampliamente arraigado en las empresas industriales y oficinas técnicas como es AutoCAD. Hemos empleado la versión 12 bajo Windows ya que las versiones posteriores existentes en el mercado no introducen ventajas significativas para nuestros objetivos mientras que necesitan unos requerimientos técnicos mayores que la mayoría de ordenadores particulares de los alumnos no poseen.

Existen otras aplicaciones de CAD que, aunque son distintas, se basan en una filosofía común, por lo que consideramos que el conocimiento de uno de ellas capacita al alumno para adaptarse a cualquiera de ellas en el caso de necesitarlo. En este sentido, se ha hecho especial hincapié, durante la realización de las prácticas, en los aspectos comunes que poseen todas estas aplicaciones (edición de entidades, estructura de capas, etc.).

Por otro lado, "Windows" es un entorno gráfico ágil y agradable que mediante el uso de iconos simplifica las labores de utilización del DOS. Sin lugar a dudas, se ha convertido en un estándar, al acompañar

recientemente a la mayoría de ordenadores, conjuntamente con el DOS, y al disponer en la práctica totalidad de programas de versiones exclusivas para él. Además, dada la carencia de tiempo disponible, la utilización de un programa bajo este entorno convierte en prescindible un mayor estudio del sistema operativo MS-DOS.

Durante el presente 97/98, se han matriculado 390 alumnos en la asignatura Dibujo Técnico II que se encuentran repartidos en 3 grupos. La asignatura cuenta con 4 horas semanales repartidas en 2 de teoría y 2 de prácticas. Para la realización de las prácticas de CAD se ha dividido cada grupo en subgrupos de 50 alumnos que deben realizar 15 sesiones de 1 hora cada una correspondiente a clases prácticas de forma alternativa a las clases prácticas convencionales.

Los alumnos de esta asignatura cuentan con la base de CAD bidimensional que adquieren en la asignatura Dibujo Técnico I. En ella, se comienza con una breve introducción a la informática, aunque sea un tema no concerniente a este área, para poder sustentar las nociones de dibujo por ordenador. En la encuesta realizada durante el pasado curso entre los alumnos de Dibujo Técnico I, se aprecia que existe un gran porcentaje de alumnos con nulos (28,7%) o bajos (39%) conocimientos elementales de informática, así como que existe un alto porcentaje (44%) de alumnos que no poseen ordenador personal. Estos alumnos difícilmente podrán familiarizarse con las herramientas de CAD sin conocer previamente los aspectos básicos de cómo opera el ordenador.

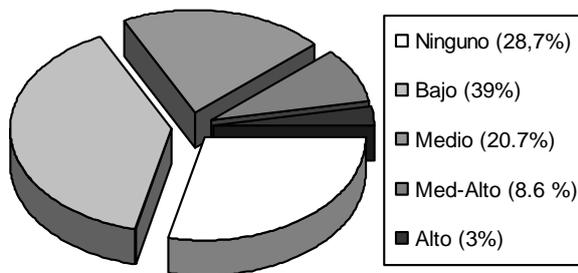


Fig. 3.- Conocimientos de Informática anteriores

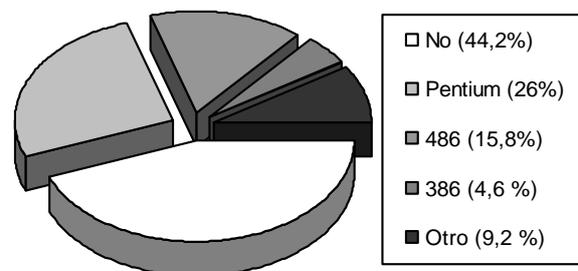


Fig. 4.- ¿Posee ordenador personal?

El contenido de las prácticas realizadas en primer curso es el siguiente:

0. Introducción a la Informática.
1. Introducción al AutoCAD 12 para Windows.
2. Líneas y formas.
3. Edición de entidades
4. Bloques y atributos.
5. Soportes profesionales.

En cualquier caso, se ha considerado necesario realizar un recordatorio de estos conocimientos durante las primeras sesiones de prácticas de CAD en la asignatura de segundo curso. Este recordatorio consiste en la realización de las vistas de una determinada pieza mecánica utilizando herramientas de dibujo asistido por ordenador en dos dimensiones.

Los objetivos perseguidos con la realización de estas prácticas en 3D consisten en que el alumno adquiera los conocimientos necesarios para realizar las siguientes operaciones:

- 1) Creación y tratamiento de sólidos tridimensionales
- 2) Modificación de la dirección de los ejes X e Y o del origen de coordenadas para poder crear un objeto en 3D (Trabajo en planos distintos de proyección)
- 3) Trabajo en espacio modelo y espacio papel
- 4) Creación de ventanas múltiples
- 5) Modos de visualización de objetos 3D: Perspectivas axonométricas y cónicas



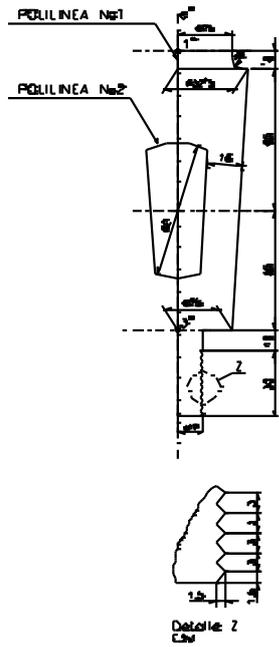
- 2.- Construcción de sólidos.
  - 2.1.- Entidades volumétricas básicas. Primitivas
    - 2.1.1.- Prisma/cubo.
    - 2.1.2.- Cono.
    - 2.1.3.- Cilindro.
    - 2.1.4.- Toro.
    - 2.1.5.- Cal
    - 2.1.6.- Esfera
  - 2.2.- Areas bidimensionales cerradas. Secciones.
    - 2.2.1.- Extrusión.
    - 2.2.2.- Revolución.
    - 2.2.3.- Solidificación.
  - 2.3.- Operaciones Booleanas.
- 3.- Visualización de sólidos.
  - 3.1.- Representación en malla.
  - 3.2.- Representación alámbrica.
- 4.- Edición de sólidos.
  - 4.1.- Chaflanes.
  - 4.2.- Empalmes.
  - 4.3.- Secciones.
  - 4.4.- Corte de sólidos.
  - 4.5.- Alineación y giros 3D de sólidos.
- 5.- Proyecciones de sólidos.
  - 5.1.- Espacio papel.
  - 5.2.- Ventanas múltiples.
  - 5.3.- Vistas principales.
  - 5.4.- Perspectivas.
- 6.- Consultas y utilidades.
  - 6.1.- Materiales.
  - 6.2.- Propiedades geométricas y físicas.
  - 6.3.- Exportar DXF.
  - 6.4.- Limpiar memoria y componentes del sólido.
- 7.- Render.
  - 7.1.- Preparación del sólido.
  - 7.2.- Luces, escenas y acabados.
  - 7.3.- Renderizado.

En la figura 6 podemos ver la preparación realizada a una de las piezas del conjunto para su modelado tridimensional.

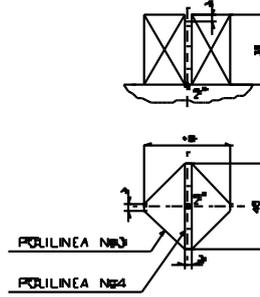
El resultado final a realizar por cada alumno consiste en la obtención del modelado de cada pieza y de una imagen del conjunto montado (fig. 7).

EJE DE VALVULA (Pieza N°1)

a) PARTE CENTRAL



b) PARTE SUPERIOR



c) PARTE INFERIOR

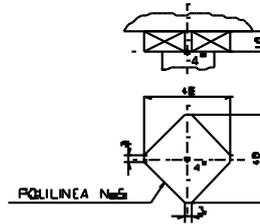


Fig. 6.- Preparación para el modelado de la pieza n° 1.

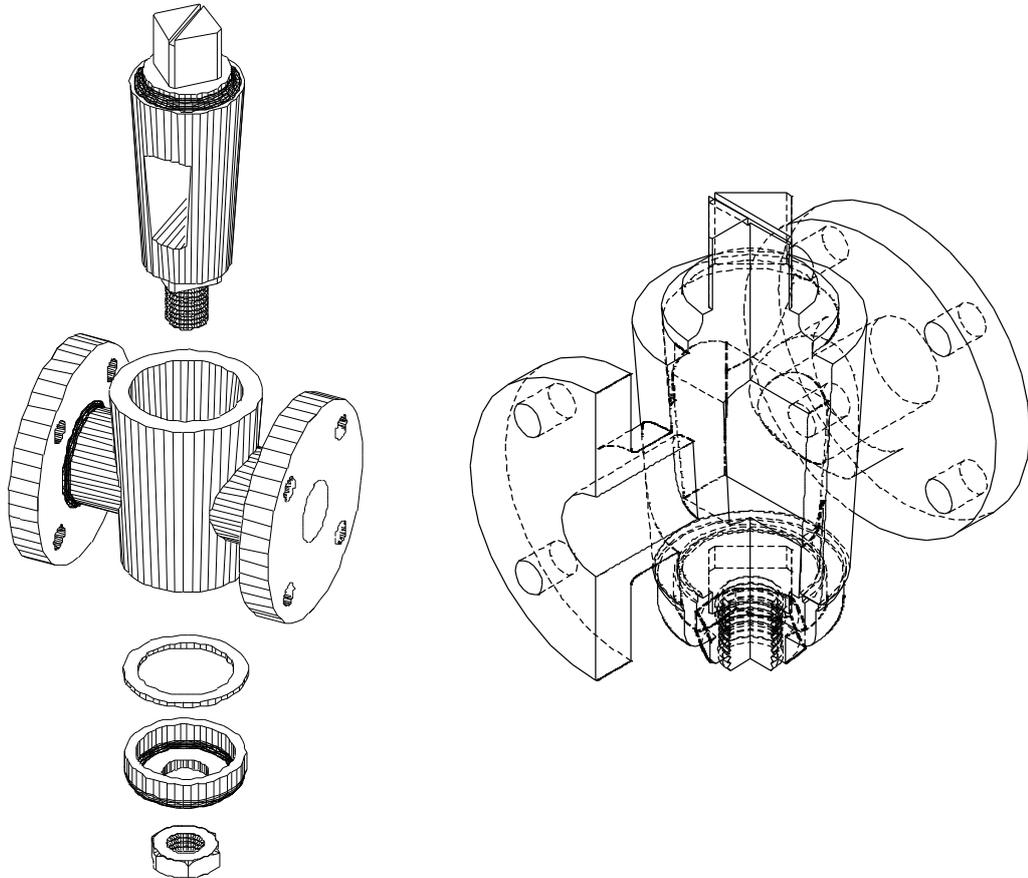


Fig. 7.- Modelado del conjunto explosionado.

## 5. CONCLUSIONES

Para terminar esta comunicación, podríamos resaltar algunas de las conclusiones a las que hemos llegado tras la puesta en marcha de este tipo de prácticas:

.- En primer lugar, destacar que la evolución de las herramientas de CAD, que cada vez tratan con mayor solvencia el espacio tridimensional, puede cambiar, en un futuro muy próximo, el tratamiento y la importancia que hasta ahora se les da a los Sistemas de Representación como medio de comunicación técnica, ofreciendo una información más completa que el propio receptor puede manejar para obtener los datos que estime necesarios.

.- Sin embargo, no podemos olvidar el importante carácter formativo de la expresión gráfica en el desarrollo de la capacidad de observación del entorno y la visión tridimensional. Este tipo de capacidades, tan fundamentales en la formación del ingeniero, se consiguen, fundamentalmente, mediante la resolución de problemas geométricos en el espacio utilizando los distintos Sistemas de Representación.

.- Consideramos necesario incorporar a la docencia de Dibujo Técnico el uso del ordenador para la modelización de objetos tridimensionales, mediante la realización de una serie de prácticas, complementando los conocimientos en Expresión Gráfica y permitiendo la aplicación de estos. Todos estos aspectos que pretenden mejorar la formación del alumno en el uso de herramientas de CAD pueden peligrar con la entrada del nuevo plan de estudio por la desproporcionada reducción de horas asignadas a esta asignatura.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### TECNICAS DE REPRESENTACION GRAFICA MEDIANTE COMPUTADOR I

Hernández Rodríguez, F.; Martín Navarro, A.

Dpto. Ingeniería del Diseño. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla  
Sevilla, 1996

### PRACTICAS DE CAD

Dpto. Ingeniería del Diseño. Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla  
Sevilla, 1997

### EL DEVENIR GRAFICO: OBJETIVOS PEDAGÓGICOS Y MEDIOS GEOMÉTRICOS Y FORMALES.

San Antonio Gómez, J. C. de.

Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Devenir Gráfico. Tomo I.  
Jaén, 1996.

### DEVENIR GRAFICO E INGENIERIA: REFLEXIONES.

Fadón Salazar, F.; Villar del Fresno, R.

Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Devenir Gráfico. Tomo I.  
Jaén, 1996.

### INTEGRACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR EN LA DOCENCIA DEL DIBUJO TÉCNICO

Mendoza Méndez, E.; García Domínguez, M.; Sigut Marrero, V.

Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Devenir Gráfico. Tomo I.  
Jaén, 1996.

### ANÁLISIS SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE PRÁCTICAS DE CAD EN PRIMER CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

Sánchez Jiménez, J.; Mateo Carballo, F.; Reina Valle, R.; Fernández de la Puente, A.

V Congreso universitario sobre innovaciones metodológicas en las enseñanzas técnicas.  
Barcelona, 1997.