

LA ESTRUCTURA DEL APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LOS SISTEMAS CAD

Conesa Pastor, Julián⁽¹⁾, Company Calleja, Pedro⁽²⁾ y Gomis Martí, Jose Maria⁽³⁾

⁽¹⁾ Universidad de Murcia
Dpto. de Ingeniería Gráfica
Paseo Alfonso XIII, 48, E-30203, CARTAGENA. SPAIN
Tel: (968) 325498 Fax: (968) 325435 Email: julian@plc.um.es

⁽²⁾ Universitat Jaume I
Dpto. de Tecnología
Campus de Penyeta Roja. E-12071, CASTELLON. SPAIN
Tel: (964) 345680-Ext. 4755 Fax: (964) 345646 Email: pcompany@tec.uji.es

⁽³⁾ Universidad Politécnica de Valencia
Dpto. de Expresión Gráfica en la Ingeniería.
Camino de Vera S/N. E-46022, VALENCIA. SPAIN
Tel: (96) 3877000-Ext. 5140 Fax: (96) 3877519 Email: jmgomis@degi.upv.es

RESUMEN

La actualización de las herramientas utilizables en el ámbito de la ingeniería gráfica está propiciando una profunda reestructuración de las materias impartidas por el área de expresión gráfica en la ingeniería.

Tras unos años de asimilación, cualquier tecnología innovadora da paso a una etapa de expansión con relación al uso y desarrollo de sus posibilidades. Los sistemas CAD no han sido una excepción y su influencia ha tenido como consecuencias más interesantes: una reestructuración más o menos profunda de los programas de las asignaturas de primer ciclo, una mayor integración de nuestra área de conocimientos en el segundo ciclo de algunas Escuelas, y un nuevo dinamismo en los programas de tercer ciclo.

Sin embargo, su introducción no está siendo homogénea, por ello, en esta comunicación se contrastan las diferentes estrategias descritas por diferentes autores en relación con la adaptación y/o sustitución de los contenidos “clásicos” y la metodología de la incorporación de la nueva herramienta.

Palabras clave: CAD, Docencia.

1. RESEÑA HISTORICA

La implantación de los nuevos planes de estudios, caracterizados por la disminución de la incidencia de nuestra Área y por la aparición de nuevas tecnologías CAD, ha promovido distintas actitudes en nuestras Escuelas. Esta temática ha sido punto de discusión desde el I Congreso de Ingeniería Gráfica donde autores como Leiceaga [1] cuestionaban el futuro de nuestras enseñanzas en función de nuestra labor docente e investigadora, manifestando la necesidad de variar el clásico concepto de la Expresión Gráfica, en función del rápido crecimiento de computadores y lógico gráfico “... que sustituye a complejas transformaciones facilitando el trazado geométrico y modelado tridimensional, con mayor rapidez y precisión”.

A nuestro entender, dos cuestiones fundamentales son objeto de debate:

- ¿Deben sustituirse los temarios clásicos de geometría descriptiva por la enseñanza del CAD?.
- En el caso de que optemos por la enseñanza CAD, ¿debemos dedicar horas a algún tipo de enseñanza teórica del CAD (tal como la explicación de los comandos de un programa comercial en concreto, o los fundamentos teóricos y matemáticos de los sistemas CAD en general)?

1.1 ¿Deben sustituirse los temarios clásicos de geometría descriptiva por la enseñanza del CAD?

Diferentes autores han propuesto tratar de aunar los saberes que aportan los conceptos tradicionales, con las habilidades que requieren las nuevas herramientas informáticas. Gómez-Elvira y otros [2], manifestaban que el CAD no es sino una forma de plasmar los conocimientos que adquirimos mediante la enseñanza tradicional, y

que de ningún modo podría sustituir a la Expresión Gráfica, porque el estudiante debe manejarse en los distintos sistemas de representación más usuales en ingeniería (Diédrico, Planos Acotados y Axonométrico), garantizando un mínimo de visión espacial y de destreza operativa realizando sus ejercicios mediante las herramientas clásicas. El Dibujo Asistido por Ordenador debe ser implantado mediante asignaturas optativas para mejorar la formación del Técnico.

Urza y otros [3] incluyendo entre sus temarios la geometría descriptiva, proponían la Enseñanza Asistida por Ordenador como herramienta de apoyo al impartir clases teóricas y prácticas, permitiendo una individualización adaptativa del alumnado.

En un enfoque distinto, Dominguez y otros [4] presentaban la utilización del CAD como un nexo de unión entre distintas disciplinas técnicas o no. Por tanto, según este planteamiento, el CAD no aparece como único contenido de una asignatura concreta sino como una herramienta de trabajo al igual que un procesador de texto o una hoja de cálculo. Manifiestan la importancia del croquis como medio inmediato de comunicación y toma de datos, siendo el CAD una posterior herramienta para archivado y precisión de los planos. De las asignaturas de Expresión Gráfica impartidas en las carreras técnicas el 50% del tiempo total esta dedicada al CAD que comienza por representaciones en el plano (2D) para posteriormente representar cuerpos en el espacio.

En la misma línea, Alvarez y otros [5,6] proponían mínimas modificaciones en temas básicos de Sistemas de Representación sin que estos se viesen afectados al incluir nuevos temarios de CAD. También proponían no dedicar horas lectivas al Dibujo Geométrico y obligar al propio alumno a superar un programa informático que confirmase sus conocimientos geométricos. Dicho programa estaría compuesto por un módulo de CAD de manejo sencillo y de capacidades limitadas, un módulo de enseñanza que plantea los ejercicios, evalúa la solución dada y registra el resultado, y un módulo base de datos que crea y manipula los ficheros empleados por el módulo de enseñanza.

Desde una postura más favorable a la implantación masiva del CAD, diferentes autores, como Mendoza y otros [7], resaltando la necesidad de reducir los contenidos clásicos para introducir los conceptos teóricos mínimos y modificar la metodología para orientarla hacia a una mayor implantación del ordenador y la informática gráfica, sin olvidar la importancia del croquis como elemento fundamental de comunicación. Se plantean como objetivos generales los conocimientos que permitan resolver gráficamente los problemas a los que se enfrenta el diseñador, fomentar la capacidad de visión espacial y expresión plana, y contribuir a que el alumno se implique mas por sí solo en el estudio y profundización de su formación.

Otros autores han resaltando la importancia de la destreza en la visualización y la profunda relación de esta con los sistemas para gráficos asistidos. Pérez y otros [8], aportaron un modelo que combina técnicas clásicas y CAD. Proponían mantener los aspectos esenciales del dibujo tradicional, pero evitando ejercicios rutinarios elementales, minimizando el aprendizaje de lenguajes de programación, incorporando las herramientas para el modelado de sólidos y maximizando las propuestas al alumno asignándoles trabajos abiertos. Se pretendía entrenar la capacidad de croquización en las primeras etapas, y el CADD en la realización de trazados precisos.

Uno de los autores de la presente ponencia [9], también proponía en 1990 reducir los contenidos de geometría descriptiva, para permitir la introducción de la delineación asistida (CADD), alegando que "... parece razonable enseñar el mínimo número de métodos lo mas generales posibles (que sean válidos siempre), y la forma de aplicarlos a cada situación; antes que muchos métodos específicos (que sean los mejores en algún caso)". Pero, además, se hacia eco de opiniones más extremas, como la de Lamit [10], según las cuales "...con la introducción del CAD en 3D en el aula, es cuestionable tanto la necesidad de la geometría descriptiva como de las proyecciones ortográficas. Si se enseña al futuro ingeniero/diseñador como modelar, la necesidad de dichas materias puede disminuir o ser eliminada".

No era una propuesta aislada, Lorimer y otros [11] asumieron completamente la conveniencia de introducir el CAD y presentan su experiencia de cómo convirtieron en 1990 un curso tradicional (con unos 300 estudiantes por año) en un curso íntegramente realizado utilizando dibujo por ordenador. Además de ello, presentan recomendaciones sobre elección de equipamiento (que han quedado obviamente obsoletas), y también hacen interesantes recomendaciones sobre fallos típicos en la enseñanza del CAD. Leach y otros [12] proponían en 1992 una reforma de los cursos fundamentales de gráficos de ingeniería dirigidos hacia el modelado tridimensional. Resaltando como tema fundamental de los gráficos de ingeniería la visualización, que no describen como una materia de enseñanza sino como una capacidad que debe desarrollarse y pulirse en etapas. Además, reconocen al computador como una herramienta capaz de facilitar el aprendizaje. De igual forma no olvidan otros temas de importancia en los gráficos de ingeniería como son las normas y convencionalismos que consideran que deben ser profundamente abordados en nuestros temarios.

Teske se suma en [13] a la mayoría que ha decidido abandonar la tradicional enseñanza de la geometría descriptiva a favor de las técnicas de modelado asistidas por ordenador. Argumenta que las nuevas técnicas permiten un análisis tridimensional de los modelos sustituyendo así la clásica geometría descriptiva que abordaba un problema 2D. De igual forma resalta la necesidad de bocetos a mano para la documentación de ideas y conceptos. Destaca como conceptos fundamentales: boceto geométrico, visualización espacial, modelado sólido, secciones, tolerancias y escalas. Mediante dicha programación y siempre ayudados por el ordenador plantea como objetivos de su metodología: comprensión de proyección ortográfica y desarrollo de habilidades en visualización e interpretación 3D (razonando ante la pantalla el porqué de la determinación de ángulos, verdaderas magnitudes y proyecciones ortográficas). Su estructuración se basa en minimizar el coste del aprendizaje del estudiante, y facilitar la integración de gráficos y programas. Todo temario es abarcado mediante programas tutoriales realizados por el profesor y ayuda impresa de la explicación de cada uno de los temas.

Bidanda y otros [14] resaltaron la necesidad de utilizar el ordenador como una herramienta fundamental para la enseñanza, destacando su capacidad de comunicación interactiva y la ayuda que supone para la enseñanza de la capacidad de visualización. Portillo y otros [15] presentaron una ponencia referente a su línea actual de trabajo mostrando las ventajas que nos ofrecen la utilización de sistemas CAD, para la obtención de trazados exactos, y para permitir el ensayo de modelos en un mundo tridimensional, evitando la realización de prototipos costosos. Toogood [16] expone un programa en el que resalta como objetivos fundamentales de la enseñanza el desarrollo de las habilidades de la visualización, la croquización, normativa y convencionalismos e introducción al análisis de estructuras alámbricas, superficies y modelado.

Haciendo referencia a otros ámbitos territoriales, Espindola [17] presentaba hace dos años una incorporación masiva del CAD en la universidad Chilena de Valparaíso (Universidad Técnica Federico Santa María), reflejando un cambio desde la “Era Bidimensional” consistente en utilización de comandos en lugar de las herramientas clásicas, hacia una “Era Multidimensional” que nos introduce en una época de diseño y proceso creativo con programas de modelado que produce la generación casi automática de los planos bidimensionales.

Por último, desde otras disciplinas, no se entra en la polémica de si el CAD debe introducirse en lugar de la Geometría Descriptiva, o además de ella. Pero, en cualquier caso se detecta la carencia en formación básica de CAD. Así, Trautner [18] plantea la necesidad de un aumento de la educación en el diseño asistido por ordenador. Lamenta que muchos temarios han sacrificado los gráficos o dibujos de ingeniería del nivel primario por cursos adicionales de puras matemáticas, y que, en consecuencia, los estudiantes llegan a los cursos de diseño de estructuras sin conocer los fundamentos del modelado geométrico. Fundamentos que son requisito imprescindible para utilizar las herramientas CAD de análisis del comportamiento (tales como los programas de análisis por Elementos Finitos).

1.2 ¿Debemos dedicar horas a algún tipo de enseñanza teórica del CAD?

Se han descrito diferentes experiencias. En un extremo están quienes suscriben la opinión de que no es necesario ningún tipo de enseñanza teórica. Así, un grupo de trabajo formado por profesores de las universidades de Oviedo y Politécnica de Madrid presentaron una comunicación [19] en la que exponían su convencimiento de la ineficacia de impartir clases teóricas sobre la parte práctica de la materia. Si bien admiten la necesidad de impartir al menos unas nociones básicas sobre la forma general de operar de los programas. Para ello, apoyan la utilización de la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO); por lo que exponen la necesidad de crear un programa con las siguientes ideas generales: capacidad de presentación de gráficos y texto gestionadas por archivo guión, gestión programable de datos introducidos por el alumno, simulación de respuesta del programa, y control remoto desde el puesto del profesor.

Leach y otros [20] presentaron la programación de un curso de gráficos de ingeniería basado en su convencimiento de la necesidad de involucrar a los estudiantes en aspectos eminentemente prácticos de su profesión. Como objetivos planteaban: experimentar una aplicación innovadora, desafiante y realista del diseño; integrar la experiencia en los gráficos de ingeniería para fabricación, dibujo de detalle, de ensamblaje, tolerancia y representación gráfica de datos; comprender el proceso de diseño y el concepto de ingeniería concurrente; practicar el diseño social y ambientalmente responsable; realizar una metodología para generar ideas de proyecto de diseño dentro de un equipo de medio ambiente, y desarrollar y utilizar las habilidades personales dentro de un equipo. Su metodología se fundamentaba en la creación de grupos de trabajo dirigidos por un miembro de estos, que informaba a un profesor tutor del desarrollo del proyecto. La experiencia surgida es evaluada como positiva por los autores

Morer y otros presentaron en [21] un conjunto de trabajos realizados por grupos de alumnos de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de San Sebastián, que dirigidos por un profesor debían enfrentarse a la necesidad de manejar varios manuales de programas comerciales. Mediante dicha metodología se pretendía establecer una motivación del alumno y un planteamiento más práctico de sus estudios.

En algunas Escuelas, apoyando la necesidad de enfatizar la enseñanza del CAD y su directa relación con el desarrollo de la capacidad de visualización, elaboraron programas para estimular estas enseñanzas. Por ejemplo, Sorby y otros [22] movidos por la importancia de los problemas de visualización en la ingeniería, desarrollaron un curso apoyado por el ordenador, y dirigido a ingenieros noveles, para reforzar las habilidades de visualización espacial.

En el extremo contrario, entre los autores partidarios de impartir conocimientos teóricos, también existen diferencias. Para ilustrar las tendencias más importantes se puede citar el ejemplo de Otero y otros [23], quienes haciendo prevaler el “modo programador” al “modo usuario” establecieron un programa CAD fundamentado en dos bloques: análisis de subrutinas de programas de dibujo y funcionamiento teórico de AutoCad. Las carencias de conocimientos en programación obligaron a prolongar el tiempo del primer bloque y reducir los capítulos del segundo. Ante esta situación, en un segundo año, basaron la enseñanza en el “modo usuario” para AutoCad, utilizando Autolisp para reforzar los recursos de metodología de la programación. Muniozguren y otros [24] relatan las experiencias acontecidas durante un curso de CAD La asignatura era impartida dividida en dos grandes bloques, teórico destinado al conocimiento de los fundamentos de las técnicas CAD, y práctico subdividido en dos partes, una teórica dedicada a la explicación de comandos AutoCad, y una práctica que consiste en la realización de seis ejercicios. Las cuatro primeras prácticas eran realizadas simultáneamente por todos los alumnos, siguiendo las ordenes del profesor que ejecutaba pausadamente los comandos necesarios disponiendo de una pantalla de cristal liquido y un retroproyector. También Alvarez y otros [6] dedican un primer mes a la enseñanza teórica de CAD. Las prácticas de obligado cumplimiento se realizan fuera de las horas lectivas. La gestión de dichas prácticas es realizada mediante un programa encargado de controlar la asistencia, controlar el trabajo individual y proteger el trabajo. La evaluación propuesta se basaba en un examen teórico tipo test y la corrección de las prácticas realizadas durante el curso evaluadas mediante un programa de ordenador.

Los planteamientos más extremos en la línea de apoyar la inclusión de conocimientos teóricos son consecuencia de la integración de las asignaturas de delineación y modelado en el marco más amplio del *Diseño* asistido. Así, Ault publicó [25] el resumen de un curso de graduado de diseño asistido por ordenador para estudiantes de ingeniería mecánica interesados en optimización y fabricación. Mediante dicho curso pretendían enfatizar los fundamentos teóricos y matemáticos usados por los sistemas CAD que en virtud de las mejoras de los ordenadores disponibles, han permitido el manejo de entidades geométricas complejas. Como temas fundamentales del curso se distinguen: curvas y superficies paramétricas, modelados CSG y BRep, y estructuras de datos. En la misma línea, Bidanda y otros [14] elaboraron un curso de CAD en el que se impartieron sesiones teóricas fundamentadas en los principios del CAD, diseño, estructuras de bases de datos, etc. y sesiones de laboratorio reservadas para aprender los programas particulares de CAD. Su objetivo era enseñar los conceptos básicos comunes a todos los sistemas, mas que los detalles complicados de un programa particular. El curso finalizaba mediante la presentación de un trabajo final real realizado para alguna empresa u organización.

2. TENDENCIAS ACTUALES

En una recapitulación de los aspectos especialmente resaltados en los artículos anteriormente comentados es posible clasificar los distintos criterios seguidos en unas pocas tendencias generales.

En primer lugar, nadie parece dudar de la necesidad de continuar enseñando las normas de dibujo. Aunque sí se han recogido diferentes opiniones sobre la necesidad de *actualizar* algunos aspectos “tradicionales” del dibujo normalizado. Del mismo modo, la formación referente a la croquización (dibujo sin instrumentos, que permite obtener figuras aproximadas) es compartida tanto por aquellas Escuelas que defienden los modelos clásicos, como por aquellas otras que defienden una enseñanza CAD.

La necesidad de enseñar geometría descriptiva y la forma de enseñar CAD si que presentan discrepancias importantes que tratamos de resumir a continuación.

2.1. Enseñanza de la geometría descriptiva.

Dentro de las controversias referidas a la continuidad de la enseñanza de la geometría descriptiva, es posible agrupar el conjunto de ideas manifestadas en tres tendencias.

- Continuar enseñando la geometría descriptiva en la expresión gráfica, constituyendo el núcleo de nuestras enseñanzas. Los temarios deben mantenerse en su totalidad, o incorporando mínimas modificaciones que permitan dedicar un tiempo muy limitado a la enseñanza del CAD. Mantener la necesidad de realizar ejercicios mediante las herramientas clásicas. Para incorporar la nueva tecnología CAD, proponen la aparición de asignaturas optativas propias de dicho temario o la realización de prácticas obligatorias en tiempos fuera del horario lectivo.
- Reducir de los temarios clásicos de la expresión gráfica, manteniendo los aspectos esenciales de la enseñanza tradicional y evitando ejercicios rutinarios y promoviendo la enseñanza de métodos lo mas generales posibles, huyendo de métodos particulares. Esta reducción de temarios, permitiría una mayor implantación de los sistemas CAD que por otra parte, se consideran como especialmente válidos para facilitar la habilidad en la visualización. Apoyan una enseñanza que combinen métodos CAD, croquización y visualización como bases fundamentales de la expresión gráfica.
- Eliminar por completo la geometría descriptiva de los temarios de la expresión gráfica, a favor del diseño asistido por ordenador. Proponer una incorporación masiva del CAD, combinado conceptos fundamentales de modelado geométrico, visualización, croquización, normalización y convencionalismos. Para paliar posibles defectos en la enseñanza de la geometría clásica se proponen métodos tales como cursos de verano u obligar al alumno a superar pruebas de autoevaluación implementadas mediante programas informáticos (Enseñanza Asistida por Ordenador).

En virtud de los artículos referidos, nos atrevemos a presentar una valoración cualitativa de los niveles de aplicación de las tres tendencias descritas (Fig. 1). Obviamente, la valoración carece de rigor estadístico, y su único valor es el de mostrar las tendencias de las *comunicaciones*; las cuales no tienen que coincidir con las tendencias en las *actuaciones*. Cabe destacar, no obstante, que en aquellos pocos casos en que hemos podido consultar los programas impartidos en diferentes universidades (por ejemplo [16,26,27]) esta tendencia parece confirmarse.

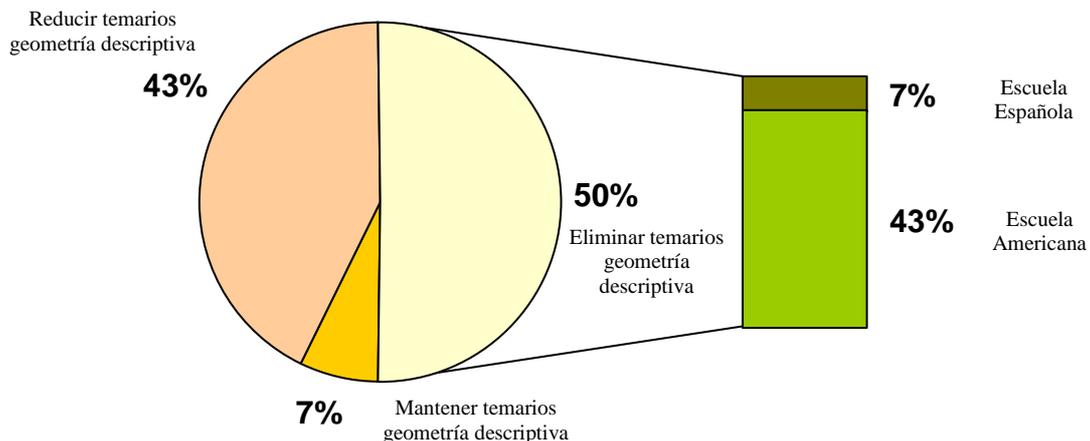


Fig 1 - Enseñanza de la geometría descriptiva frente al CAD.

Como conclusión, creemos importante resaltar que la opción de mantener íntegros los temarios de geometría descriptiva y confinar al CAD a cursos complementarios es claramente minoritaria. También entendemos que es importante el hecho de que los autores que defienden la eliminación de los temarios clásicos de geometría descriptiva a favor de una masiva incorporación del CAD provienen mayoritariamente de la escuela americana. Tal actitud parece concordante con la postura clásica de la escuela americana, que siempre se ha caracterizado por una orientación más práctica de la enseñanza de los Gráficos de Ingeniería.

2.2. Metodologías en la enseñanza CAD.

Entre quienes apuestan por la necesidad de enseñar CAD, no existen discrepancias en cuanto a la necesidad de impartir clases prácticas. Pero si se aprecian diferencias importantes de criterio en cuanto a las clases de teoría de CAD. Podemos diferenciar tres tendencias en la consideración de la necesidad de algún tipo de clases teóricas:

- Convencimiento de la ineficacia de impartir clases teóricas. El planteamiento más extremo de esta postura propone que sea el propio alumno quien seleccione el programa comercial a utilizar en la parte práctica de la materia, y que consulte la bibliografía propuesta por el profesorado.
- Necesidad de una explicación teórica básica *orientada a usuario*, que debe realizarse enfocando a un determinado programa comercial que dote al alumno de un mínimo conocimiento de los comandos a ejecutar. Si hubiera tiempo, dicha explicación podría verse completada por temarios teóricos propios de CAD que permitan el conocimiento de los fundamentos básicos de dichas técnicas, o bien, mediante el conocimiento de la programación de pequeñas tareas comunes a diversos programas comerciales. Es decir, se considera necesaria una explicación teórica de la parte práctica de la asignatura, pero se considera superfluo que el alumno conozca los fundamentos “informáticos” de los sistemas CAD.
- Presentar una teoría más amplia. En general se considera apropiada la teoría *orientada a programador*, en la que se estudian los fundamentos teóricos y matemáticos usados por los sistemas CAD.

Los planteamientos más extremos en esta línea apoyan la inclusión de conocimientos teóricos dedicados a enfatizar la integración de las asignaturas de delineación y modelado en el marco más amplio del *Diseño asistido*. Según este planteamiento, si pretendemos implantar el CAD en nuestra docencia, no podemos considerar a este como una simple herramienta de dibujo que por exactitud y comodidad sustituya a las herramientas clásicas. En una concepción amplia del CAD existen conceptos de gran importancia como el modelado, la representación realista (“renderizado”), y la geometría paramétrica que no pueden ser excluidos de los temarios por su incidencia directa en el diseño. Se trata de plantearnos si nuestras actuaciones docentes están dirigidas hacia una definición del CAD como “*Diseño asistido por ordenador*”, o simplemente como “*Dibujo asistido por ordenador*”.

En ambos casos se considera innecesaria cualquier formación teórica sobre el manejo de un programa concreto. No obstante, en casos extremos, para paliar la dificultad a la que se pueden enfrentar los estudiantes no familiarizados con los programas CAD, se proponen pequeñas presentaciones del software a utilizar o bien establecer un sistema de enseñanza autodidacta EAO.

A partir del análisis comparativo entre las tendencias comentadas con anterioridad y cuya representación se muestra en la figura 2, se advierte una clara mayoría que tiende hacia una enseñanza que apoya la ineficacia de la explicación teórica de la parte práctica de la materia, estando en este caso tal tendencia apoyada fundamentalmente por las escuelas españolas.

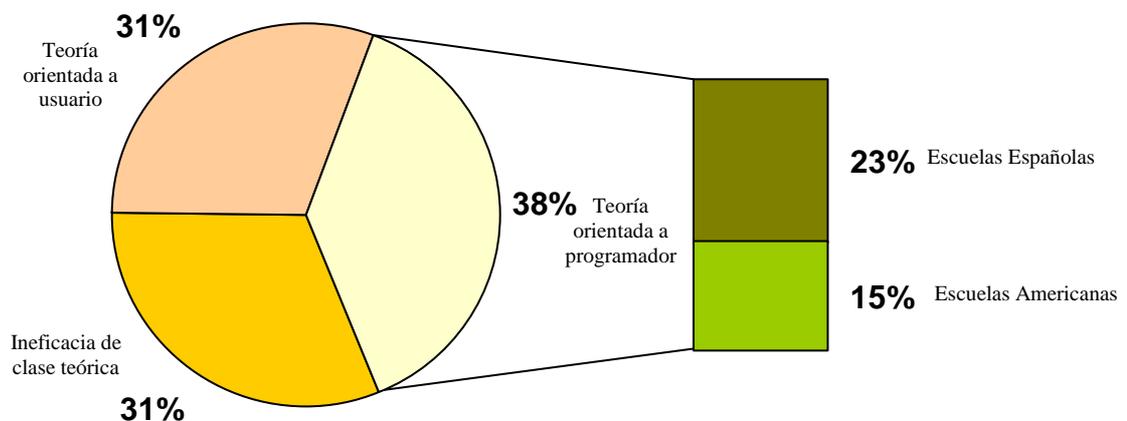


Fig. 2 - Metodologías en la enseñanza CAD

3. NUESTRAS ESCUELAS

La implantación del CAD en nuestras Escuelas así como la necesidad de la adaptación de los nuevos planes de estudios, nos ha llevado a la generación de programas que han tenido que ser revisados progresivamente. Un condicionamiento a priori, era la existencia separada de asignaturas (o partes de asignatura) de Expresión Gráfica con contenidos “clásicos” y asignaturas (o partes) de CAD. La bondad o maldad de dicha separación aun no ha podido ser contrastada.

En cuanto al método de implantación del CAD, inicialmente seguimos (según la errónea estrategia impuesta por criterios comerciales) el enfoque de dichas asignaturas hacia el manejo de un programas CAD particular. Esto significaba emplear un número determinado de horas teóricas para la explicación de una herramienta eminentemente práctica. Actualmente queda de sobra demostrado a nuestro parecer, la ineficacia de dicha dedicación teórica.

3.1 Antecedentes del CAD en nuestras Escuelas

En nuestras Escuelas, la implantación de los nuevos planes se saldó con la aparición de asignaturas, de reducido número de créditos, que incluían en los temarios clásicos de años anteriores conceptos nuevos relacionados con el CAD. Ante esta situación, optamos por proponer un programa teórico en el que sin abandonar los temas docentes exigidos en la enseñanza, se nos permitiese tratar los principios generales del CAD introduciendo pequeños apéndices basados en AutoCad.

Dichas asignaturas repartían los créditos destinados a la enseñanza de la materia especificada entre los contenidos clásicos (un 60-80 %) y el resto que se dedicaba a prácticas referidas al temario abarcado entre dos clases prácticas y realizadas mediante las herramientas clásicas y posteriormente mediante ordenador.

Los resultados obtenidos no fueron muy complacientes. La extensa materia programada para un cuatrimestre motivó que los temas relacionados con CAD fuesen imposibles de abordar. Dicho en otras palabras, rápidamente llegamos a la conclusión de que en las asignaturas de Expresión Gráfica, que ya poseen por sí mismas temarios lo suficientemente extensos, no pueden mantenerse los temarios clásicos y, además, añadir pequeños apéndices de CAD. Por ello fue necesario hacer una nueva reconstrucción de dichos temarios que, dada su extensión, debimos reducir a las cuestiones que consideramos primordiales para la resolución de problemas gráficos aplicando métodos generales y huyendo de las particularidades.

Tras estos resultados, en años posteriores, intentamos ofertar a modo de prueba asignaturas optativas de Dibujo Asistido por Ordenador (que fueron muy bien acogidas por los alumnos). Dado que el temario consistía básicamente en el manejo del programa AutoCad, conseguimos que los alumnos matriculados en dicha asignatura conozcan y sean capaces de manejar esta herramienta a modo delineante, pero dudamos que este sea la finalidad de una asignatura dedicada al Dibujo Asistido por Ordenador.

La situación cambiante de los últimos seis años nos ha llevado a un estado actual en el que, en nuestras Universidades, existen asignaturas vinculadas al CAD en las titulaciones que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Asignaturas directamente vinculadas al CAD en las Escuelas en las que imparten docencia los autores.

| CENTRO | TITULACION | ASIGNATURA | TIPO | CRED | CURSO |
|---|--------------------------------------|--|----------------------|-------------|--------------|
| Univ. de Murcia E.T.S.I.I. de Cartagena | I.T.Industrial Esp. Química | Diseño Asistido por Ordenador | Optativa | 6 | - |
| | I.Industrial | Diseño Asistido por Ordenador | Optativa | 4,5 | 1º |
| | I.T.Industrial Esp. Mecánica | Diseño Asistido por Ordenador | Obligatoria | 6 | 2º |
| Univ. Politécnica de Valencia. E.T.S.I.I. | I.Industrial (primer ciclo) | Diseño Asistido por Ordenador | Optativa | 4 | 2º |
| | I.Químico | Diseño Asistido por Ordenador | Libre conf. | 4 | 2º |
| | I. Industrial Esp. Ing. del producto | Métodos avanzados de modelado en diseño industrial | Optativa (Intensif.) | 4 | 4º |
| | I.Industrial Esp. Ing. del producto | Sistemas avanzados de diseño | Optativa (Intensif.) | 5 | 5º |
| | I.Industrial Esp. Ing. del producto | Técnicas de representación en diseño industrial | Optativa (Intensif.) | 5 | 5º |
| Univ. Jaime I E.S.T.C.E. | I.T. en. Diseño Industrial | Diseño Asistido por Ordenador I | Troncal | 4,5 | 2º |
| | I.T. en. Diseño Industrial | Diseño Asistido por Ordenador II | Trocal | 6 | 3º |
| | I.Industrial | Diseño Asistido por Ordenador I | Libre conf. | 4,5 | - |

3.2 Propuestas de Programas y Metodologías

En primer lugar, y frente a ciertas posturas que consideran innecesaria una docencia teórica relacionada con la introducción del CAD, debemos remarcar que nosotros sí consideramos necesaria tal componente teórica. No obstante, consideramos que es condición indispensable para que tal enseñanza teórica tenga interés, la introducción del necesario nivel de abstracción. Es decir, que no debemos enseñar comandos concretos de sistemas particulares. Por el contrario, debemos introducir aspectos generales de eficiencia y fiabilidad en la utilización de un sistema CAD.

A modo de ejemplo, podemos señalar que no parece correcto dedicar ninguna explicación teórica a pormenorizar la forma en la que un sistema concreto *agrupa* las primitivas gráficas (capas, niveles, células, bloques, segmentos, etc.). Parece más oportuno enseñar al alumno una clasificación de las diferentes formas de agrupamiento (indicando las ventajas y los inconvenientes de cada una), para darle a continuación un *criterio para elegir* la forma más apropiada en cada momento, en función de la utilidad que se pretenda obtener de dicho agrupamiento (controlar la visualización, aplicar una transformación, reutilizar una figura, etc.).

Siguiendo con el ejemplo, si la asignatura permite ahondar más en las posibilidades de los sistemas CAD, el siguiente paso en la enseñanza teórica del concepto de agrupamiento sería la introducción de criterios de jerarquización de los diferentes grupos gráficos. Con el objetivo último de introducir en el alumno la idea de que un sistema CAD permite gestionar el diseño en su conjunto, y que, por lo tanto los agrupamientos deben hacerse con criterios de diseño y no de delineación. Es decir, que agrupar las primitivas sólo con un criterio de colores, tipos de línea, o cualquier otro aspecto “visual”, significa desaprovechar las posibilidades de gestión de diseños de los sistemas CAD. A modo de ilustración de este concepto, referimos la publicación [28] en la que se normaliza la utilización de capas en los planos de edificación.

En cuanto a los contenidos detallados de los programas propuestos, los autores de la presente ponencia presentamos en puesta en común, los programas mantenidos en las asignaturas de CAD impartidas en nuestras respectivas escuelas [29,30,31]. Mediante dichos programas dejamos patente nuestra programación y metodología. Desde nuestra experiencia actual, consideramos que es especialmente importante no olvidar, que los temarios deben basarse en programas de diseño generales y en ningún momento particularizar sobre la base de un único sistema comercial. Será el propio alumno quién en la realización de las prácticas seleccione el sistema que le resulte más adecuado y aprenda a utilizarlo mediante la utilización de manuales y bibliografía recomendada. Es obvio que la principal dificultad de este planteamiento reside en que requiere contar con diferentes sistemas CAD de distintas gamas (por ejemplo, AutoCad, MicroStation, Pro/Engineer, etc.).

Por último, cabe resaltar que en los programas que proponemos se puede observar que para uniformizar nuestras propuestas, y dada la diversidad de titulaciones que se ven vinculadas con el CAD, hemos creído oportuno realizar dos programas de asignaturas “estándar”, que podrían resultar consecutivos el uno del otro. Un primer bloque básico a impartir en aquellas asignaturas que no superen los 5 créditos de formación y un segundo bloque para asignaturas de intensificación y/o para la segunda parte de asignaturas de más de 5 créditos.

4. CONCLUSIONES

La integración del CAD en las enseñanzas técnicas se está produciendo de forma bastante desigual y a diferentes niveles.

Por una parte, coexisten las dos situaciones extremas de no utilizar en absoluto el ordenador ó utilizar sólo el ordenador. Aunque la situación más habitual es la de “confinar” la utilización del ordenador en asignaturas específicas (típicamente denominadas “CAD”), mientras se mantiene el empleo de instrumentos “clásicos” en las prácticas de las asignaturas con estructura “clásica”.

Por otra parte, cuando se introduce el ordenador, se hace desde planteamientos muy distintos:

- Como mero “asistente” en prácticas de aprendizaje de geometría descriptiva y/o delineación de planos normalizados. Es decir, a modo de “máquina” para autoaprendizaje de aspectos básicos de la disciplina (tales como encontrar la intersección de una recta y un plano, o decidir sobre un grupo de cotas).
- Con la intención de formar expertos delineantes electrónicos. Capaces de sacar el máximo rendimiento a un sistema CAD 2D concreto (e incluso a una versión concreta).

- Para crear en los alumnos la capacidad de modelar 3D, con fin a definir prototipos virtuales que sirvan como datos de entrada para los potentes sistemas de análisis del comportamiento empleados en otras disciplinas (cálculo por Elementos Finitos, estudio de las operaciones de fabricación, etc.).

Tanto la primera como la tercera de las alternativas descritas son las menos habituales. Quizá porque ambas requieren software de difícil disposición. En el primer caso debido a que no existe software comercial adaptado a las necesidades docentes universitarias (y, en consecuencia, hay que generar dicho software de forma “artesanal”) y en el tercer caso porque los sistemas CAD 3D con capacidades avanzadas para modelado aun son caros (aunque están comenzando a introducirse masivamente en nuestras universidades).

Por su parte, la segunda alternativa nos lleva a un callejón sin salida: los créditos disponibles son absolutamente insuficientes para formar al alumno en los aspectos clásicos de la disciplina (geometría descriptiva y planos normalizados), al tiempo que se le enseña también a utilizar un nuevo y complejo instrumento de delineación y/o modelado.

Por último, nos parece importante recordar que, a nuestro entender, son dos los obstáculos más grandes para la correcta integración del CAD en nuestra docencia. El primero es lo difícil (y caro) que es disponer de aulas informáticas en condiciones. En éste sentido, el abaratamiento tanto de los ordenadores como de los sistemas CAD de gamas media y alta están eliminando la dificultad. El segundo problema es la falta de textos de referencia que enseñen los conceptos generales del CAD, sin caer en una excesiva pormenorización o contextualización de un software concreto, ni tampoco en conceptos que tan sólo resulten útiles a quienes tienen que “diseñar” nuevos sistemas CAD.

5. REFERENCIAS

- 1 Leiceaga, J.A. “La Expresión Gráfica y el Computador” Actas de **Primeras Jornadas de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 95-115, (1989).
- 2 Gómez-Elvira, M.A., Pascual, J.L. Puerta, F. y San Antonio, J.C. “Dibujo tradicional y dibujo asistido por ordenador, ¿incompatibles o complementarios?”, Actas del **VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 109-121, (1996).
- 3 Urraza, G. y Zorrilla, E. “Un modelo de Enseñanza Asistida por Ordenador en la Expresión Gráfica en la Ingeniería” Actas del **III Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 1-20, (1991).
- 4 Domínguez, J. Jiménez, J.L. Marcos, F. Martínez, A. Merino, J. Recio, M.D. Rincón, E. y Rivera, I. “Integración del CAD como herramienta activa de diseño en la Enseñanza Universitaria” Actas del **VII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 155-169, (1995).
- 5 Alvarez, P.I. Morís, G. Alvarez, R. y García, R. “Sistema de aprendizaje de dibujo geométrico basado en un programa de CAD no comercial” Actas del **IV Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 29.1-29.14, (1992).
- 6 Alvarez, R. Alvarez, P.I. García, R. y Morís, G. “Organización de prácticas de Dibujo Asistido por Computador” Actas del **III Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 1-15, (1991).
- 7 Mendoza, E. García, M. y Sigut, V. “Integración de las técnicas de diseño asistido por ordenador en la docencia del Dibujo Técnico”, Actas del **VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 405-418, (1996).
- 8 Pérez, M. González, L. Bouza, J.B. y Leiceaga, J.A. “Aprendizaje Visual por etapas” Actas del **IV Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 32.1-32.21, (1992).
- 9 Company, P. “Una propuesta de lógica como soporte a la Docencia de la Expresión Gráfica” Actas del **II Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 1-15, (1990).
- 10 Lamit, G. And Page, V. “The Influence of CADD on Teaching Traditional Descriptive Geometry and Orthographic Projection”. **Advanced Computer graphics (Proceedings of Computer Graphics Tokyo’86)**. T. Kunii (Editor). Ed. Springer Verlag, 1986.
- 11 Lorimer, W.L. y Lieu, D.K. “Hardware, software, and curriculum decisions for engineering graphics instruction using CAD” **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 56, No. 1, pp 14-21, (1992).
- 12 Leach, J.A. y Matthews, R.A. “Utilization of solid modeling in engineering graphics courses” **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 56, No. 2, pp 5-10, (1992).
- 13 Teske, C.E. “Freshman engineering graphics and the computer” **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 56, No. 3, pp 5-10, (1992).

- 14 Bidanda, B. Shuman, L.J.y Puerzer, R. "On teaching computer aided desing concepts to industrial engineers" **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 56, No. 2, pp 11-18, (1992).
- 15 Portillo, P. y De Andrés, J.R. "El modelado de sólidos como ayuda al Diseño Industrial" **Actas del V Congreso Internacional de Expresión Gráfica**, pags. 173-183, Diseño Industrial Tomo II (1993).
- 16 Toogood, R.W. "Engineering Graphics and Design. Curse contents" <http://www.mece.ualberta.ca/Courses/mec265/265outln.htm>, nov. 1997.
- 17 Espíndola, R. "La enseñanza del CAD: del Dibujo Técnico al diseño paramétrico", **Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 651-664, (1996).
- 18 Trautner, J. J. "Integrating geometric modeling into computer aided structural engineering courses" **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 56, No. 1, pp 9-13, (1992).
- 19 Alvarez, R. Flórez, A. y González, A. "Enseñanza práctica del CAD asistida por Computador" **Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 33-39, (1995).
- 20 Leach, J.A. Rajai, M.R. "Engineering graphics in desing education: a proposed course based on a developed concept" **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 59, No. 1, pp 5-11, (1995).
- 21 Morer, P. Gurruchaga, J.M. López, Y. Gómez, J. y Alberdi, R. "Implantación de las nuevas tecnologías en la Enseñanza de Expresión Gráfica: Ejemplos de modelización y animación de mecanismos" **Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica**, pags. 323-337, (1995).
- 22 Sorby, S.A. y Baartmans, B.J. "A course for the development of 3-D spatial visualization skills" **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 60, No. 1, pp 13-20, (1996).
- 23 Otero, C. Oti, J. y Villar R. "Diseño Asistido por Ordenador en la E.P.S. de Santander" **Actas del II Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 1-17, (1990).
- 24 Muniozguren, J. Arias, A. y Vallejo, J. "Experiencia curso de CAD" **Actas del IV Congreso de Expresión Gráfica en la Ingeniería**, pags. 34.1-34.15, (1992).
- 25 Ault, H. K. "Development of a graduate course in computer-aided geometric desing" **Engineering Desing Graphics Journal**, Vol. 55, No. 3, pp 27-32, (1991).
- 26 Dpto. de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga. "Programas de Expresión Gráfica". <http://eg-servidor.cpii.uma.es/Asignaturas.htm> . Feb. 1998.
- 27 Dpto. de Ingeniería de Diseño y Fabricación, Universidad de Zaragoza. "Programas de Expresión Gráfica". <http://www.unizar.es/EUITIZ/areas/arexpgra/arexpgra.htm>. Feb. 1998
- 28 Scheley, M., Buday, R., Sanders, K. And Smith, D.K. (editors). "CAD Layer Guidelines". **American Institute of Architects. (AIA Press)**, Second edition, 1994.
- 29 Dpto. de Ingeniería Gráfica, Cartográfica y de Proyectos, Universidad de Murcia. "Programas de Expresión Gráfica". <http://www.plc.um.es/~digcyp>. Feb. 1998.
- 30 Dpto. de Tecnología, Universitat Jaume I. "Programas de Expresión Gráfica" <http://www.tec.uji.es>, Feb. 1998
- 31 Dpto. Expresión Gráfica en la Ingeniería, Universdad Politécnica de Valencia. "Programas de Expresión Gráfica". <http://www.upv.es/info/degi> , Feb. 1998.