

# El proyecto MEIIGA

Pedro M. Latorre, Francisco Serón  
Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA)  
Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas  
Universidad de Zaragoza  
50012 Zaragoza  
e-mail: platorre@posta.unizar.es

## Resumen

En esta comunicación se presenta el proyecto educativo MEIIGA (*Material para la Enseñanza Interactiva de la Informática Gráfica*), que tiene como objetivo desarrollar un conjunto de materiales multimedia para la exposición y el aprendizaje de las asignaturas del bloque optativo Informática Gráfica, que se imparte dentro de los estudios de Ingeniería Informática en el Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.

Los materiales generados por el proyecto Meiga parten de la transposición y adaptación del material docente preexistente, e incluyen como principal contribución la inclusión de una numerosa colección de ejemplos sobre los que se puede interactuar en tiempo real. También se ha trabajado especialmente el diseño de la interfaz de usuario, cuidando la adecuada exposición conceptual y visual, la ordenación temática, las relaciones entre los conceptos, la coherencia visual y de uso entre las diferentes partes y sobre todo los ejemplos interactivos. Para la validación de la interfaz se han utilizado procedimientos de evaluación con intervención de los usuarios siguiendo los estándares ISO aplicables.

Este proyecto se ha incluido como ejemplo de buena práctica dentro de los proyectos europeos LEONARDO QUICK y QUICK MULTIPLIER. También se relaciona con la generación de materiales docentes para el proyecto europeo-latinoamericano ALFA T-GAME

## 1. Presentación

Esta comunicación comienza con una introducción que contiene una serie de reflexiones acerca de las técnicas y modalidades de la

*Enseñanza Asistida por Ordenador* en el momento actual, la docencia de las materias del bloque *Informática Gráfica* en el CPS de la Universidad de Zaragoza y describe el proyecto MEIIGA. A continuación se exponen los requisitos de partida y las soluciones adoptadas y se entra en la descripción de la interfaz y de algunos ejemplos interactivos. Se sigue con la evaluación de los estudiantes y se finaliza con la exposición de conclusiones y referencias.

### 1.1. Introducción

La aparición de las técnicas de *Enseñanza Asistida por Ordenador* ha desencadenado una catarsis de experiencias docentes. Si se clasifican los materiales generados según sus objetivos, se podría hablar de tres grupos: los dirigidos a la actividad en el aula, a la ayuda del trabajo individual del alumno y a la enseñanza a distancia (EAD). Estos grupos, que en la actualidad se solapan gracias a la generalización del uso de Internet como medio de comunicación, abarcan desde grandes iniciativas, como los campus virtuales donde se han empezado a impartir carreras completas, hasta experiencias más modestas, como la transposición de materiales docentes tradicionales para su exposición mejorada en el aula.

Recordemos el siguiente dicho: "*Si una persona de la Grecia clásica levantara la cabeza, la única actividad que reconocería sería la del aula*". Esta frase, que se cita con cierta frecuencia para justificar todo tipo de intervenciones más o menos novedosas en la actividad educativa, va quedando obsoleta. Sin embargo, encierra un hecho fundamental: la adquisición de conocimientos dentro del contexto social tradicional en el aula mejora en gran medida el

rendimiento del estudiante. Por esta razón los experimentos de educación de individuos en aislamiento han tenido un éxito limitado en general, y los ensayos tienden actualmente a hablar de educación síncrona (o presencial) y asíncrona, que abarca la semipresencial (70% de tiempo presencial y 30% de estudio a distancia) y la enseñanza totalmente a distancia, asistida parcialmente mediante aplicaciones en red. Esta última modalidad tiende a reservarse a aquellas circunstancias en las que resulta imposible la docencia mediante las dos primeras. Estas líneas (semipresencial y a distancia) son las que exploran el *Anillo Digital Docente de la Universidad de Zaragoza* y el *Grupo de Universidades G9*.

### 1.2. La Informática Gráfica en la Universidad de Zaragoza

El Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza imparte en la actualidad las materias correspondientes a las titulaciones de Ingeniería Industrial, Telecomunicaciones, Química e Informática. El plan de estudios correspondiente a esta última titulación ofrece el bloque optativo de Informática Gráfica, que se estructura en tres asignaturas: Informática Gráfica, Modelado Geométrico y Modelado Visual y Animación. La carga total de este bloque es de 18 créditos (180 horas) de clases teóricas y prácticas.

La primera asignatura, Informática Gráfica, ofrece los conceptos generales del bloque, tratando la evolución histórica, el hardware gráfico, la visualización 2D y 3D, el proceso de rendering de objetos poligonales y los aceleradores gráficos. La segunda, Modelado Geométrico, estudia la descripción de la forma de los objetos, exponiendo su evolución histórica, los conceptos básicos de Geometría Analítica y Geometría Diferencial, la interpolación y aproximación de funciones 2D y 3D, el modelado geométrico de objetos fractales determinísticos y aleatorios y las técnicas de implementación directa y procedural. La tercera, Modelado Visual y Animación, trata del color y la textura de los objetos y de la generación de secuencias animadas, y estudia los modelos del color, de los modelos heurísticos y fenomenológicos del modelado visual y de la animación tradicional (2D) y tridimensional, cinemática y dinámica [2] [4] [9].

La metodología de enseñanza se basa en el *aprendizaje a través de problemas* [1] [3]. La resolución de problemas es un proceso que requiere el conocimiento de una disciplina y las técnicas y habilidades necesarias para salvar el espacio existente entre el problema y la solución. En este sentido, se concibe la resolución de problemas como un proceso *productivo*, donde el sujeto requiere un periodo de *incubación* seguido de una repentina *intuición* mediante la cual reorganiza mentalmente la estructura del problema.

### 1.3. El proyecto MEIIGA

Dentro de este marco docente, el objetivo del proyecto MEIIGA es el diseño y desarrollo de un material software que permita la enseñanza y aprendizaje interactivo de los conceptos que se imparten en las tres asignaturas citadas mediante la utilización de diferentes elementos multimedia: texto, imágenes, animaciones y ejemplos interactivos [8][10]. El prototipo inicial desarrolla una presentación para su utilización directa por el profesor durante las clases y por los estudiantes en su trabajo personal, y puede ser consultada directamente desde cedé o mediante conexión a red. Posteriormente se desarrollarán materiales adicionales para uso del alumno, como descripciones textuales detalladas, ejercicios, tests de autoevaluación, etc.

El contenido textual se basa en el material desarrollado con anterioridad y verificado a lo largo de varios años de docencia, convenientemente actualizado.

Las imágenes estáticas, videos digitalizados y animaciones sirven para reforzar la comprensión de los conceptos explicados de forma textual, así como evitar la monotonía que provoca la exposición exclusiva de texto.

Los ejemplos interactivos constituyen la principal innovación de MEIIGA, y permiten visualizar en tiempo muy corto tanto los conceptos que se están explicando como el efecto del cambio de cualquiera de los parámetros que intervienen, la visualización desde diferentes puntos de vista, etc.

Finalmente, un Motor de Búsqueda permite realizar la búsqueda por palabras clave de determinados temas o conceptos. De esta manera

se ofrece un acceso rápido y sencillo al concepto que se desea presentar o estudiar.

No es frecuente la aparición de experiencias semejantes en la bibliografía. ACM-SIGGRAPH tiene un depósito de ejemplos aislados [11], y D. Nikolic [12] habla de GraphicMentor, una herramienta para el aprendizaje de los conceptos básicos sin ligadura con las correspondientes lecciones.

## 2. Requisitos de partida y soluciones adoptadas

Los requisitos o requerimientos del proyecto se pueden estructurar en varios apartados que incluyen la plataforma, metodología, velocidad de ejecución, interfaz y modificación de la información. A continuación se exponen los requisitos de cada uno de los apartados y las decisiones elegidas para cada uno de ellos.

### 2.1. Metodologías de Desarrollo

Para realizar las fases de diseño y desarrollo de las aplicaciones interactivas se ha seguido la Metodología Orientada a Objetos según el modelo Booch. Esta metodología permite el paso eficiente de la fase de diseño a la de implementación, realizada con el lenguaje de programación orientado a objetos Java.

Para el desarrollo de la interfaz de usuario se ha seguido una metodología basada en la generación de prototipos, que incluye cuatro fases bien diferenciadas: análisis, diseño, implementación y evaluación. Se han utilizado los estándares ISO 9241 (*Ergonomic requirement for office work with visual display terminals*) [5], e ISO 13407 (*Human-centred design processes for interactive systems*) [6] y diversas normas de estilo, preferentemente las de la Universidad de Yale [7].

Cabe resaltar la metodología de desarrollo de la interfaz con intervención del usuario. A partir de un primer prototipo, se desarrollaron una serie de entrevistas con los profesores de las asignaturas. De las conclusiones obtenidas salió un segundo prototipo, con el que se impartieron algunas clases a los estudiantes, a los que posteriormente se pidió que rellenaran un cuestionario elaborado conforme a la norma ISO

antes citada. El análisis de los resultados condujo a una serie de modificaciones que llevaron a la versión final de la interfaz.

### 2.2. Plataforma

La aplicación se ha diseñado teniendo en cuenta su posible uso local y en red, en cualquier plataforma. Para satisfacer este requisito, el modelo elegido ha sido el de Cliente-Servidor en Internet; los contenidos se visualizan utilizando cualquier navegador (en versiones actuales) y se accede a ellos bien vía Internet o bien en modo local.

El contenido se ha desarrollado en HTML 4.0, y las aplicaciones interactivas en Java Standard. Esta decisión permite la operación desde plataformas mínimas, no necesariamente actualizadas, y también la actualización fácil de contenidos.

### 2.3. Velocidad de Ejecución

Aunque no se exige el funcionamiento de la aplicación en tiempo real, los componentes utilizados deben ser rápidos en su ejecución y visualización. Tiempos muertos superiores a pocos segundos suponen un corte en la atención del estudiante, que resulta muy difícil recuperar.

Este aspecto tiene vital importancia a la hora de ejecutar e interactuar con los ejemplos interactivos, sobre todo pensando en el tiempo necesario para la carga de las aplicaciones en red frente a la carga en modo local. Por ello, siempre es preferible esta última para las presentaciones.

Así pues, y debido principalmente a las limitaciones en la velocidad de transmisión por Internet, la única forma de garantizar una adecuada y permanente interactividad durante la clase es disponer del material en un disco local o un CD, y ejecutar las aplicaciones localmente.

## 3. La interfaz de usuario

Como ya se ha dicho anteriormente, el desarrollo de la interfaz de usuario se ha basado en una metodología basada en la generación de prototipos, que incluye cuatro fases bien diferenciadas: análisis, diseño, implementación y evaluación. Se han utilizado los estándares ISO

9241 [5] e ISO 13407 [6] y diversas normas de estilo, preferentemente las de la Universidad de Yale [7]. Se describe aquí el modelo conceptual, la estructura y los elementos de la interfaz.

### 3.1. Modelo Conceptual

Los elementos de cada página son los siguientes:

- *La información Asignatura-Parte-Tema-Ítem*, que permite la localización de cada página dentro del temario.
- *El contenido de cada página.*
- *La barra de navegación.*
- *Los ejemplos interactivos*, en su caso.

La estructura de una página se muestra en la figura 1.

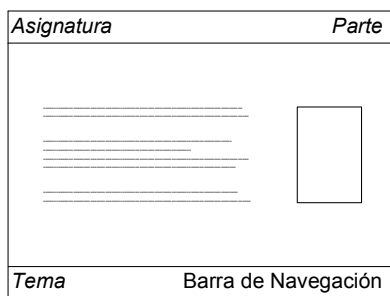


Figura 1. Estructura de una página

El modelo de navegación a través de la información sigue la jerarquía descendente: Asignatura, Parte, Tema e Ítem o lección.

Existen cuatro tipos de ventana: la ventana-índice, donde aparecen las entradas correspondientes al nivel y se despliegan las entradas del nivel siguiente, permitiendo la elección interactiva del que sea de interés; la ventana-exposición, donde aparece el texto e imágenes correspondientes a un determinado ítem; la ventana-ejemplo, que contiene la aplicación interactiva y puede estar encastrado en una página-exposición o desplegarse aparte, y finalmente la ventana de ayuda en línea, que o bien aparece sobre una ventana completa o bien posee estructura interna, accediéndose a cada entrada mediante su grupo de botones.

El mapa de navegación se esquematiza en la figura 2.

### 3.2. Barra de navegación

Para la barra de navegación se usan imágenes con apariencia de botón, que pueden estar activados o desactivados según el caso y que permiten acceder al índice general de la asignatura, a la página principal del proyecto MEIIGA, a las páginas de ayuda, al nivel superior y a la página anterior o posterior dentro del mismo nivel. También existen botones de acceso al ejemplo interactivo pertinente y al motor de búsqueda.

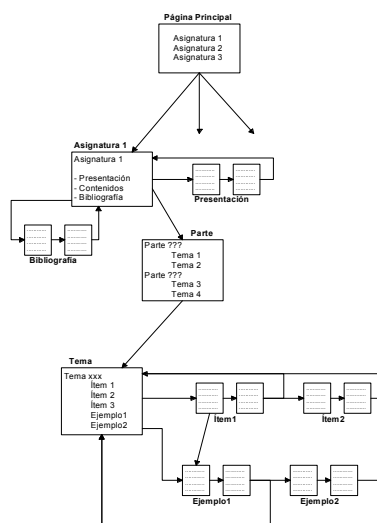


Figura 2. Mapa de navegación

### 3.3. Aplicaciones interactivas

Los ejemplos interactivos se pueden integrar en la página de dos formas: bien insertándolos dentro de la propia página como si de una imagen interactiva se tratase, bien ejecutándose en ventanas aparte mediante la creación de una nueva ventana independiente del explorador utilizado, definida en Java como un *frame*. En este caso, el formato engloba todo el ejemplo en un solo bloque, con su título y grupo de botones.

La interacción se realiza mediante botones o iconos de tamaño fijo y en blanco y negro. Los botones pueden ser de varios tipos:

- *De acción inmediata*: Al pulsar sobre ellos se produce una acción inmediata, como por ejemplo realizar una ampliación o reducción
- *De estado*: Al pulsar sobre ellos se activan o desactivan mostrando el botón en imagen inversa en caso de estar activado o normal en caso de estar desactivado. Un ejemplo es el botón de visualización de la malla de control en modelado de superficies.
- *De estado o selección múltiple*: Al pulsar sobre ellos las imágenes cambian de manera cíclica mostrando diferentes posibilidades de interacción; por ejemplo, el botón de selección de tipo de superficie cuadrada
- *En exclusión mutua*: Lo forman un conjunto de botones colindantes y relacionados, de los cuales sólo uno puede estar activado (en imagen inversa) al mismo tiempo; por ejemplo, el conjunto de botones de selección de plano de desplazamiento en *Superficies bilineales* y *Superficies de aproximación*.

Todo ejemplo interactivo emergente dispone de una barra de menú, con al menos dos opciones de menú, *Archivo* y *Ayuda*.

La coherencia visual se ha logrado utilizando códigos de color asociados a un significado fijo. Por ejemplo, en las aplicaciones interactivas aparecen en rojo los valores de los parámetros que pueden ser modificables por el usuario –provocando la correspondiente modificación de la escena–, y en negro cuando son fijos.

#### 4. Las aplicaciones interactivas

La contribución didáctica más novedosa de MEIIGA son sus ejemplos interactivos, que no pueden ser descritos fielmente mediante texto e imágenes estáticas. En este artículo se enumeran las aplicaciones desarrolladas y se describen un par de ellas como ejemplo.

##### 4.1. Aplicaciones desarrolladas

Se ha desarrollado un juego de ejemplos interactivos para Informática Gráfica y Modelado Geométrico. Está en desarrollo el conjunto correspondiente a Modelado Visual.

Las aplicaciones disponibles son las siguientes:

- *Informática Gráfica*: Trazado de Líneas, Transformaciones Geométricas 2D y 3D, Sistemas de Visualización, Proyecciones Geométricas, Recorte de Líneas y de Polígonos, Rendering. Básico.
- *Modelado Geométrico*: Cicloides Naturales, Generación de Curvas y Superficies por Aproximación, Superficies Bilineales y de barrido, Superficies Regladas, Superficies de Barrido y Regladas (comparación), Superficies de Revolución, Superficies Cuádricas, Fractales de Julia y Mandelbrot.

##### 4.2. Ejemplo: Generación de curvas 2D por aproximación

Se han desarrollado nueve aplicaciones interactivas que permiten generar (en 2D) curvas Bezier y Bspline y Bspline racional utilizando vectores de nudos abiertos, abiertos no uniformes y uniformes, permitiendo observar las diferencias aparentes entre los métodos y la evolución de la curva Bspline hacia la de Bezier al ir aumentando el orden de la primera.

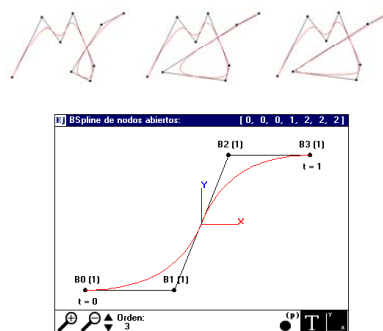


Figura 3. Curvas 2D. Arriba: efecto logrado al desplazar un punto de la malla de control y al variar el orden de la curva. Abajo: Ventana de visualización con sus elementos de control.

Todos los ejemplos se basan en la capacidad de mover de modo interactivo los puntos que

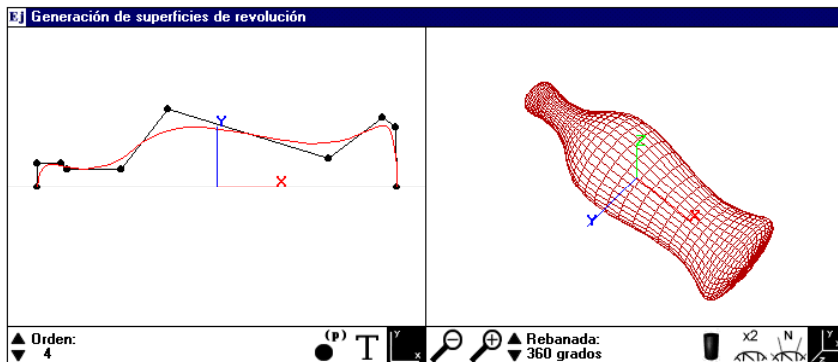


Figura 4. Superficies de revolución

constituyen el polígono de control y de modificar sus pesos (en su caso), con el objetivo de observar cómo afectan estas variaciones a la curva generada.

Para mover un punto sólo es necesario pulsar en él con el botón izquierdo del ratón y sin soltarlo arrastrar el mismo hasta su nueva posición. En la parte inferior de las aplicaciones se muestra una serie de botones, que varían en función del tipo de curva y permiten modificar los parámetros de control y el factor de escala (ver figura 3).

#### 4.3. Ejemplo: Superficies de revolución

El objetivo de esta aplicación es mostrar el comportamiento de las superficies de revolución al variar la forma de la curva generadora o su posición con respecto al eje de rotación.

En la parte izquierda de la ventana se visualiza la curva generatriz, que puede ser modificada estirando de los vértices del polígono de control o modificando éste.

En la parte derecha se visualiza la superficie obtenida en malla de alambre o sombreado de Gouraud. Su aspecto puede ser observado desde cualquier posición sin más que deslizar el ratón del modo adecuado También se pueden visualizar las normales y variar la escala (ver figura 4).

## 5. La opinión de los estudiantes

Para disponer de una referencia acerca del grado de satisfacción de los estudiantes se impartió una lección completa mediante los dos sistemas: tradicional (con transparencias) y utilizando MEIIGA. Al finalizar el experimento se pasó una encuesta pidiendo la opinión sobre tres aspectos: la calidad de la interfaz, la calidad del material del módulo impartido (Transformaciones Geométricas) y el grado de aprovechamiento de la aplicación. Las respuestas para cada cuestión incluyeron una calificación (0...10), una estimación (-3...+3) del grado de mejora con respecto a la exposición tradicional y un comentario textual. Los resultados pueden verse en la tabla 1.

En conjunto, los estudiantes mostraron su satisfacción con el uso del nuevo material, en comparación con el método tradicional. Como era de prever, los ejemplos interactivos recibieron las calificaciones más satisfactorias, tanto globalmente como en grado de mejora. Por el contrario, se critica la claridad y visibilidad del texto, debido a la calidad de la proyección, que es mejorable.

La evaluación de la efectividad de MEIIGA en los resultados académicos sería deseable, pero no se ha podido realizar ya que el método de evaluación no lo permite. La evaluación se realiza valorando la implementación de un visualizador,

que se desarrolla en versión básica (objetos 3D poligonales) para Informática Gráfica. A esta aplicación se le añade un módulo para la obtención de las mallas que representan curvas y superficies (Modelado Geométrico) y texturas y modelos de iluminación (Modelado Visual).

## 6. Conclusiones

Las nuevas formas de presentación electrónica permiten, si se utilizan con rigurosos planteamientos y objetivos, una mejora en la calidad docente, ya que permiten

- incrementar la atención del estudiante si las aplicaciones de apoyo se plantean con la

Proyecto MEIIGA – Satisfacción del usuario (44 Respuestas)		Media	D.E.
<b>1. - Interface</b>			
Presentación en general	Calificación (0...10)	7,48	1,07
	Grado de mejora (-3...+3)	1,57	0,82
Navegación (facilidad de comprensión)	Calificación (0...10)	8,32	0,96
	Grado de mejora (-3...+3)	1,82	0,79
Tipografía (claridad, visibilidad)	Calificación (0...10)	5,32	2,03
	Grado de mejora (-3...+3)	-0,66	1,61
Ejemplos interactivos (usabilidad)	Calificación (0...10)	8,52	1,28
	Grado de mejora (-3...+3)	2,41	0,82
<b>2. Módulo: Transformaciones Geométricas</b>			
Presentación textual (explicaciones)	Calificación (0...10)	7,26	1,31
	Grado de mejora (-3...+3)	0,68	1,23
Ejemplos interactivos	Calificación (0...10)	8,88	0,82
	Grado de mejora (-3...+3)	2,50	0,66
<b>3. Aprovechamiento de la aplicación</b>			
Como aplicación docente, en clase	Calificación (0...10)	7,48	1,62
	Grado de mejora (-3...+3)	1,50	1,07
Como elemento de estudio, en casa	Calificación (0...10)	8,42	1,38
	Grado de mejora (-3...+3)	2,28	0,93

Tabla 1. La opinión de los usuarios

- adecuada calidad y claridad en las presentaciones
- aumentar las posibilidades de percepción de las relaciones de cada concepto con el resto, mediante la exhibición continua de los parámetros del contexto y mediante el uso de las posibilidades de navegación entre partes.
  - facilitar la transmisión de algunos conocimientos mediante la adecuada presentación de ejemplos interactivos cuidadosamente seleccionados.

Este último punto resulta especialmente importante en nuestro dominio de enseñanza, donde una de las dificultades más importantes aparece a la hora de explicar conceptos tridimensionales que son mucho mejor entendidos si se visualizan al instante los cambios que aparecen al cambiar algún parámetro, o si se observa una escena desde diferentes puntos de vista, por ejemplo.

En lo que se refiere al desarrollo de la interfaz, los métodos de diseño y evaluación con intervención del usuario resultan muy valiosos

para asegurar la validez y adecuación de las presentaciones docentes. El uso de estándares ISO es muy útil como guía de diseño y seguimiento de los procesos de desarrollo, asegurando la validación; no obstante, exige un trabajo previo de adopción de metodologías concretas, que puede resultar muy costoso.

Las limitaciones de la velocidad en la transmisión por Internet hacen imprescindible que se disponga de la totalidad del material a exponer en el disco local o en CD cuando se va a impartir una clase. Los tiempos necesarios son tolerables para un entorno individual de trabajo.

El conjunto de materiales ofrecidos al estudiante complementan los tradicionales y mejoran su comprensión, por los motivos expuestos con anterioridad.

### Referencias

- [1] Chevallard, Y., Boch, M. y Gascón, J. *Estudiar Matemáticas, un eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje*. Cuadernos de Educación. ICE, Universidad de Barcelona. Horsori Editorial, 1997.
- [2] Foley, vanDam, Feiner, Hughes, *Computer Graphics, principles and practice*, 2nd edition. Addison-Wesley, noviembre 1996.
- [3] Gascón, J. *El papel de la resolución de problemas en la enseñanza de las Matemáticas*. Departamento de Matemáticas de la UAB, 1992.
- [4] Hearn, D., Baker, P. *Gráficas por computadora*, segunda edición. Prentice Hall, 1995
- [5] ISO 9241 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)*, partes 1 y 10 a 17. International Organization for Standardization, 1997-99.
- [6] ISO 13407 *Human-centred design processes for interactive systems*. International Organization for Standardization, 1997-99.
- [7] Lynch, Horton, *Yale Style Web Guide*. Yale University, 1999. También en <http://info.med.yale.edu/caim/manual>.
- [8] Marqués, Pere. Metodología para la elaboración de software educativo. Comunicación y pedagogía, 1997.
- [9] Rogers, Adams, *Mathematical Elements for Computer Graphics*, 2nd edition. MacGraw Hill, 1990.
- [10] Roldán, F.J., Ordóñez, J.J. *Material para la Enseñanza Interactiva de la Informática Gráfica Avanzada*. Proyecto Fin de Carrera. Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza, 1999
- [11] Materiales para la enseñanza de la Informática gráfica de la ACM-SIGGRAPH en [http://www.siggraph.org/education/materials/C\\_and\\_I.htm](http://www.siggraph.org/education/materials/C_and_I.htm)
- [12] Nikolic D. Y Ching-Kuang Shene. *GraphicsMentor: A tool for Learning Graphics Fundamentals*. SIGCSE Bulletin - Inroads. SIGCSE'02 Proceedings, vol. 34 no. 1 pp. 242-246, 2002