

Propuesta docente sobre Sistemas de Información Geográfica

Michael Gould

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universitat Jaume I
12080 Castellón
e-mail: gould@uji.es

José Poveda

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universitat Jaume I
12080 Castellón
e-mail: albalade@uji.es

Resumen

En el presente artículo se presenta una propuesta de contenidos para una primera asignatura sobre Sistemas de Información Geográfica dentro del currículo del Ingeniero en Informática. Inicialmente se realiza una descripción general de la misma en la que se plantean sus objetivos principales. Posteriormente se mencionan algunas características de la metodología empleada en cada una de las actividades que se realizan y un resumen de los programas de teoría y prácticas. En el siguiente apartado se profundiza en los detalles de cada unidad teórica indicando sus objetivos, contenidos, duración, ejercicios propuestos, prácticas relacionadas y bibliografía de consulta. A continuación se analiza el programa de prácticas planteando también sus objetivos, contenidos, duración, ejercicios propuestos, unidades teóricas relacionadas y bibliografía recomendada. Finalmente se mencionan aspectos relacionados con la evaluación de la asignatura y bibliografía.

1. Objetivos de la asignatura

En la Universitat Jaume I (UJI) la asignatura objeto de análisis es una asignatura optativa de primer ciclo, que se imparte durante el segundo semestre del curso académico y que tiene como prerrequisitos las asignaturas obligatorias o troncales Sistemas Operativos I y Estructuras de Datos, y la optativa Informática Gráfica.

La asignatura SIG en la UJI tiene un carácter especial con respecto a las de otras universidades

en España, meramente por encontrarse en Informática en lugar de en Geografía o Ciencias ambientales (donde es obligatoria), por citar algunos ejemplos. El procesamiento de los datos espaciales o geoespaciales resulta ser un tema agradable para los alumnos, dadas sus múltiples aplicaciones del "mundo real", como por ejemplo estudios medioambientales, de gestión de tráfico o del seguimiento de taxis u otras entidades móviles hasta usuarios de teléfonos celulares y los nuevos servicios basados en la localización (LBS). Además el SIG engloba muchos de los conocimientos y técnicas adquiridos anteriormente: gráficos, bases de datos, estructuras de datos, programación, geometría computacional, etc. Según el actual plan de estudios (del año 1991), cuando llegan los alumnos a esta asignatura, en tercero, empiezan simultáneamente la asignatura troncal de Archivos y Bases de Datos, y ya han cursado temas como Programación I, Algorítmica, Estructuras de datos e Informática Gráfica.

Esta base de conocimientos tecnológicos permite que la parte introductoria de la asignatura (la que corresponde normalmente a los primeros capítulos de cualquier manual SIG) se enfoque directamente en los aspectos especiales de los datos espaciales, mientras en las disciplinas menos técnicas haría falta dedicar unas horas explicando los conceptos básicos tales como ficheros, sistemas operativos y componentes físicos del ordenador. Además, cuando en el temario se analizan los Sistemas Gestores de Bases de Datos como uno de los componentes fundamentales de un SIG, no es necesario empezar con los conceptos básicos, ya que han sido estudiados recientemente en la

asignatura troncal correspondiente. Esto permite que la asignatura avance directamente hacia los problemas que conlleva el uso del modelo relacional y las posibilidades que ofrecen los sistemas orientados a objetos (u objeto-relacionales).

El resultado es tal que, al final del semestre, los alumnos muestran conocimientos suficientes como para abordar un proyecto sencillo SIG incluyendo su programación a base de componentes, mientras en otras disciplinas los alumnos necesitarían una segunda asignatura, normalmente llamada "Técnicas de SIG" [1] antes de contemplar la programación SIG. En resumen, la naturaleza de los alumnos hace que en una sola asignatura, y de tan solo 5 créditos, el profesor pueda impartirles conocimientos y experiencia que en otras disciplinas requerirían dos o más asignaturas. Naturalmente la estructura de este tipo de asignatura SIG será diferente de la ofertada en muchas otras universidades españolas, y es el objetivo de este capítulo describir y justificar dicha estructura.

Los Sistemas de Información Geográfica son hoy en día una disciplina muy especializada (se forman pocos especialistas) y a la vez muy dispersa (los alumnos encuentran trabajo con relativa facilidad en un amplio rango de centros usuarios de SIG), debido fundamentalmente a su naturaleza. La información con referencias geográficas, o susceptible de ser georeferenciada, está presente en la gran mayoría de las bases de datos del sector público (algunos expertos afirman que hasta en el 80% de ellas [2]). Por otro lado, los avances recientes en la capacidad de los microordenadores para almacenar y procesar imágenes de satélite y datos vectoriales, ha multiplicado por un factor de 10 el número de usuarios de estos sistemas en los últimos 10 años, y las nuevas aplicaciones SIG basadas en la

plataforma web prometen aún más. El mercado de trabajo actual tiene necesidad de especialistas capaces no sólo de ser superusuarios, programando aplicaciones en lenguajes de cuarta generación (macros), sino técnicos capaces de desarrollar nuevos sistemas integrados partiendo desde cero. Considerando este entorno laboral el desarrollo de los contenidos de la asignatura se plantea basado en el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Mostrar las particularidades de la información geográfica, desde sus raíces filosóficas hasta sus estructuras de datos más comunes.
- Dar a conocer, de forma básica, la funcionalidad de las dos clases de aplicaciones SIG: basadas en la manipulación de datos raster y vectorial.
- Experimentar con las posibilidades de desarrollo de aplicaciones geográficas mediante la utilización de librerías de componentes ActiveX.
- Iniciar al alumno en el conocimiento de la migración de sistemas monolíticos a sistemas integrados y más abiertos.
- Conseguir que el alumno conozca las diferentes etapas del proceso del diseño y puesta en marcha de un proyecto SIG.
- Situar al alumno en un nivel de conocimiento que le permita criticar, evaluar y decidir sobre el uso de una u otra técnica para el tratamiento de la información geográfica.

Finalmente, como corresponde a una asignatura técnica introductoria, el temario plantea sesiones prácticas que refuerzan directamente los temas teóricos implicados.

Carácter	Créditos	Créditos Teóricos	Créditos Práct.	Curso	Centro	Titulación
Optativa	5	3	2	3	Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales	Ingeniería Informática

Figura 1. Características de la asignatura Sistemas de Información geográfica

2. Metodología Docente

Inicialmente, en la clase de presentación de la asignatura se sientan las bases de funcionamiento y la metodología de trabajo, tanto en las clases en el aula como en el laboratorio.

2.1. Clases en el aula

Debido al número medio de alumnos en la asignatura (en torno a 50), las clases se desarrollarán necesariamente en grupos numerosos. Esto impone que sea la lección magistral el método principalmente empleado, utilizándose en la medida de lo posible la lección dialogada. Este último método será el empleado fundamentalmente en las clases sobre aplicaciones de SIG que se incluyen en la programación de la asignatura, en las que la participación del alumno es más activa y en las que pueden incluir aportaciones personales sobre el tema. De esta forma, en este tipo de clase se puede conocer el nivel de los alumnos y hacer la clase más motivadora y amena, favoreciendo el acercamiento al alumno.

Es fundamental que estas clases de teoría estén preparadas con gran cuidado ya que la experiencia demuestra que el alumno acude a clase sin haber leído prácticamente nada de la materia que se le va a explicar por lo que el primer conocimiento que va a recibir procede de la explicación teórica del profesor, de aquí la importancia de la forma de impartir estas lecciones, que deben cumplir una serie de requisitos:

- Desarrollar el tema con vitalidad y entusiasmo.
 - Desarrollar de forma ordenada y destacando los puntos fundamentales.
 - Incluir, donde resulte relevante, ejemplos de uso en el “mundo real” de los conceptos objetivo de la lección.
 - Incluir demostraciones de aplicaciones SIG en funcionamiento, con la ayuda del proyector.
- Hacer el máximo esfuerzo para que las ideas que se transmiten sean comprendidas por la mayor parte de los alumnos y no solamente por los más destacados.
 - Mantener una actitud abierta fomentando el planteamiento de cuestiones que despierten la atención del alumno de forma que participe creativamente.

El alumno debe disponer del material adecuado para el seguimiento de las explicaciones del profesor (apuntes, fotocopias de las transparencias de gráficos, el libro de texto, diapositivas, videos, software multimedia, etc.).

Respecto al esquema de organización de la clase es recomendable estructurar ésta en tres fases:

La primera fase, de unos 5 a 10 minutos, se dedicará a presentar brevemente los puntos que se van a tratar de modo que el alumno se haga una idea de conjunto del tema que se explicará. Además se tratará de enlazar con lo que ya se había explicado en las lecciones anteriores de manera que esta misma idea global conduzca la clase como una parte de una unidad más amplia relacionando los contenidos con otros temas ya tratados o incluso con temas que serán tratados más adelante a fin de situarlo dentro del contexto general de la materia.

En segundo lugar se desarrolla el contenido propiamente dicho del temario haciéndolo de forma que se destaquen los aspectos más relevantes y relacionando los conceptos que se van introduciendo con los ya conocidos. Es conveniente de vez en cuando dar ideas intuitivas a los conceptos más complejos. La organización de la explicación y los medios que se utilizan para hacerlo suelen ser fundamentales, las definiciones, conceptos o algoritmos más importantes deben permanecer a la vista del alumno durante toda la clase en zonas perfectamente separadas y delimitadas de las que se utilizan como borrador para los ejemplos. Se fomentará la participación de los alumnos de manera que si estos no realizan preguntas, será necesario provocarlas para que se hagan o incluso hacerlas a fin de que nazca un espíritu de diálogo en el seno de la clase. Esta fase contiene la parte central de la lección, que puede durar entre 40 y 45 minutos, según la duración

establecida para dicha clase. La exposición ha de ser rigurosa en todos los sentidos. Al principio hay que sentar todas las hipótesis de partida en que se basa la explicación haciendo énfasis en lo que físicamente implica cada una de ellas y no utilizar ninguna que no haya sido introducida explícitamente.

En la tercera fase, se debe hacer una recapitulación, resaltando los puntos esenciales de la lección explicada y conectándolos con los contenidos de la próxima. También es el momento adecuado para señalar la lectura correspondiente

en la bibliografía. La duración aproximada de esta fase no debe exceder, por lo general, de diez minutos.

Del conjunto de 30 horas de teoría se dedican quizás un 5% a explicar como la materia cubierta en cada clase tiene aplicación en el campo SIG, y especialmente como enlaza con cada una de las sesiones prácticas futuras. En concreto se puede observar en el siguiente gráfico (Figura 2) la distribución del tiempo dedicado a clases teóricas y a las prácticas.

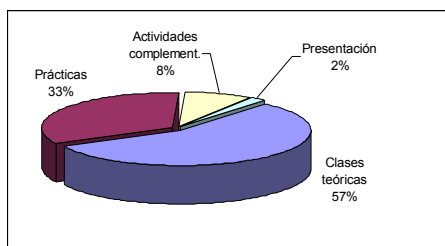


Figura 2. Características de la asignatura Sistemas de Información geográfica

2.2. Actividades en el laboratorio

En el laboratorio el alumno desarrollará fundamentalmente su trabajo práctico en contacto con la aplicación SIG objeto de estudio. Inicialmente se forman dos grupos de prácticas compuestos por un máximo de 25 personas por grupo, lo que permite que cada alumno pueda ocupar un ordenador. Se trata de ofrecer siempre un grupo con horario de mañana y otro de tarde, facilitando así la asistencia a todos alumnos que puedan estar trabajando fuera del campus universitario. Las prácticas se realizan individualmente, pero siempre permitiendo la comunicación entre los compañeros para la resolución de problemas. Al final de cada sesión de prácticas (o durante la misma semana) debe entregarse una memoria con los resultados de la práctica, incluyendo respuestas a las preguntas planteadas y los problemas desarrollados.

La metodología que se utiliza en prácticas es la de estudio programado. Para ello, los profesores involucrados en la asignatura han diseñado una serie de prácticas con documentos en los que se indica paso a paso como operar cada paquete de software o como programar unas aplicaciones simples. Aunque las sesiones han sido diseñadas para poderse realizar por completo durante la sesión de dos horas, todo el software utilizado se encuentra a la disposición del alumno, bien instalado permanentemente en los ordenadores de las salas públicas del campus o, en el caso del software de dominio público, disponible mediante disquete, CD-ROM o la página web de la asignatura. Se ha cuidado mucho este aspecto de disponibilidad del software, optando en determinadas ocasiones por un paquete de software quizás no de la última versión pero que sea disponible sin protección, o por una versión reducida “de alumno” de prueba durante 60 días, etc. Se ha demostrado durante los últimos cursos

que el hecho de que el alumno pueda disponer (o acceder con facilidad) del software aumenta su interés en el trabajo a realizar.

De las 20 horas de las que se dispone para la realización de las prácticas, se dedican 16 horas a las prácticas de estudio programado y las otras 4 a dos “visitas de campo”. La primera es una visita fuera de la Escuela con receptores de señales GPS, recopilando puntos que posteriormente son volcados en un SIG en el laboratorio. La segunda es una visita técnica a la empresa mixta Facsa Sistemas (gestión de aguas de la provincia de Castellón), donde los alumnos asisten a una demostración del sistema de telemando y de las aplicaciones para la gestión de aguas basadas en un SIG orientado a objetos (*Smallworld GIS*). Como podía esperarse, los alumnos muestran un alto nivel de interés en estas prácticas de campo.

3. Seminarios y conferencias

En los seminarios se deben tratar todos aquellos temas que por su naturaleza se apartan del desarrollo sistemático del programa de la asignatura. Su objetivo es el tratamiento con profundidad de algunos temas paralelos, adicionales o de actualidad, mostrándole al alumno que la temática de la asignatura no es algo cerrado y concluido, sino algo vivo en el que la comunidad científica está trabajando para ampliar los conocimientos que actualmente se tiene del tema.

Los seminarios deben servir también para iniciar al alumno en la investigación bibliográfica en determinadas áreas. Para ello se pueden proponer temas relacionados con la asignatura que pueden ser desarrollados por expertos en la materia. El tema será centrado por el profesor de la asignatura en clases anteriores y comentado con los alumnos.

Los seminarios propuestos están orientados a suplir las carencias en la formación debido al carácter único de la asignatura en el plan de estudios, mientras que las conferencias pretenden abrir esos horizontes de los que se ha hablado anteriormente.

4. Programa teórico

De acuerdo con los objetivos fijados para la asignatura, y tenidas en cuenta las recomendaciones curriculares de los organismos internacionales [1] [3] para determinar los contenidos de una asignatura de estas características en un plan de estudios de Informática, la asignatura abarca todas las áreas de contenidos mencionadas incluyendo las tendencias actuales. En este sentido se incluyen en los temas, anexo I, conceptos que coinciden entre los varios currícula mencionados en el capítulo previo para un curso introductorio sobre SIG, además de incluir las últimas novedades de una disciplina en continua evolución (entre ellas los nuevos formatos gráficos para el web, la interoperabilidad a través de normas internacionales, integración mediante componentes, etc.).

Asimismo, en la elaboración del programa se han tenido en cuenta las características de los cursos introductorios sobre SIG de las universidades norteamericanas consultadas. También han influido notablemente los programas de las universidades españolas, en concreto los de las Universidades Politécnica de Madrid [4] y Autónoma de Barcelona [5]. Sin embargo, y debido a la limitación en cuanto al número de créditos de la asignatura (y al hecho de que sea la única asignatura sobre el tema durante la carrera de Ing. Informática) algunos conceptos (como por ejemplo aquellos relacionados con la programación y los formatos de datos espaciales) se introducen en la parte de prácticas de laboratorio.

Sobre el contenido de las prácticas, anexo II, se ha intentado también incorporar las recomendaciones de las fuentes citadas, intentando establecer una fuerte relación entre los contenidos prácticos y la evolución de los conceptos teóricos. El diseño de las prácticas se plantea de forma que a final de las 15 semanas los alumnos habrán tenido contacto “físico” con una buena gama de aplicaciones SIG, y habrán programado en el ambiente más puntero basado en componentes ActiveX y lenguajes visuales. Aunque está previsto ofrecer algunas prácticas empleando componentes del mundo Java, en este momento hay una carencia de software SIG, de

gama educativa, en Java; también es cierto que los alumnos de tercero en la UJI todavía no habrían visto Java como lenguaje de programación, ya que se enseña Python y C en los primeros cursos.

5. Programa práctico

El contenido del programa práctico gira en torno al aprendizaje de algunas de las aplicaciones SIG que en la actualidad se encuentran más extendidas. Sin embargo, se introducen también temas de más bajo nivel, que requieren el estudio y la modificación de código para resolver problemas específicos.

El programa de prácticas se estructura en 10 sesiones de prácticas de 2 horas cada una. Las prácticas siguen directamente al contenido de las clases teóricas, por lo que las dos primeras tratan del uso de un SIG raster, las dos siguientes de un SIG vectorial, etc.

Aunque fuera del tiempo programado de clases prácticas, se anima a los alumnos a asistir a las conferencias sobre gráficos en general y específicamente sobre SIG que se imparten dentro del ciclo de conferencias del departamento y a los seminarios introductorios impartidos por miembros del Grupo de Gráficos.

6. Programación temporal

Para la programación temporal, secuenciación, solapamiento y sincronización de las clases teóricas y prácticas de la asignatura a lo largo del semestre, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- El semestre consta de 15 semanas lectivas
- La asignatura tiene 3 créditos teóricos, equivalentes a 30 horas de clase (aproximadamente).
- La asignatura tiene 2 créditos prácticos, equivalentes a 20 horas de laboratorio.
- La distribución de la carga lectiva debería ser lo más equitativa posible a lo largo del semestre.

- Las clases prácticas tendrían que ir acordes a los conocimientos impartidos en teoría, situación que no siempre está de acuerdo con lo expuesto en el punto anterior.

Dados los aspectos anteriormente mencionados, la programación de las clases se ha realizado basándose en los siguientes criterios:

- Las clases teóricas se impartirán durante 15 semanas a razón de dos horas semanales.
- Las clases prácticas se impartirán durante 10 semanas a razón de una sesión de dos horas cada una.
- El proyecto (práctico) final es una continuación directa de la última práctica realizada en el laboratorio.

Las clases teóricas comienzan la primera semana del semestre. Las clases prácticas comienzan la semana siguiente para hacerlas corresponder con el inicio del segundo tema, introducción al SIG raster.

7. Conclusiones

Se ha desarrollado en el presente artículo una propuesta de contenidos teóricos y prácticos para una asignatura optativa del currículo del Ingeniero en Informática, así como una metodología docente para la puesta en práctica de la misma y el desarrollo temporal de los contenidos fijados en los programas de teoría y prácticas.

Como complemento a las prácticas programadas para la asignatura, el alumno debe realizar un proyecto final de prácticas que es evaluado para obtener la nota final de la asignatura.

Al evaluar la asignatura se tendrán en cuenta las diferentes partes de la que esta se compone. Por un lado se evalúa la parte teórica mediante la calificación de una prueba escrita y por otro lado la parte práctica mediante la evaluación del proyecto final.

Para evaluar la asimilación de los conceptos introducidos en las clases de aula se propone la realización de una prueba escrita objetiva.

Con respecto a la parte práctica, la evaluación del proyecto final se realiza basándose en unos requerimientos básicos que el alumno debe cumplir. Cualquier elemento que se añada debe contribuir en la calificación del alumno.

Referencias para el alumno

Destacar que tanto la bibliografía básica como la secundaria que seguidamente se detalla y que se proporciona a los alumnos como referencia de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura, debe estar disponible en la biblioteca del campus para que los alumnos tengan un acceso real a las fuentes de información.

Básicas

AA. VV., Materiales fotocopiados y disponibles en reprografía (algunos materiales están disponibles además en formato digital, accesibles desde la página web de la asignatura).

Bosque Sendra, Joaquín. *Sistemas de Información Geográfica*, Ed. Rialp: Madrid (2ª Edición, 1997).

Gutiérrez Puebla, Javier y Gould, Michael. *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Síntesis: Madrid. 1994.

Worboys, Michael. *GIS: A computing perspective*. Londres: Taylor & Francis. 1995.

Secundarias

Burrough, Peter y MacDonnell, Rachel. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. 1998.

Chuvieco Salinero, Emilio. *Teledetección*. Ed. Rialp: Madrid. (3ª edición, 1996).

Laurini, Robert y Thompson, Derek. *Spatial Information Systems*. Londres: Academic Press, 1992.

Macmillan, B. y otros (Eds.). *Geocomputation*. Londres: John Wiley. 1998.

Maguire, David y otros (Eds.). *Geographical Information Systems*. 2 volúmenes. Londres: Longman Scientific, 1991.

Referencias

- [1] [NCG90] National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), "NCGIA Core Curriculum in GIS", University of California: Santa Barbara, CA., 3 volúmenes.
- [2] [NCG99] National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), "NCGIA Core Curriculum in GIScience", University of California: Santa Barbara, CA. Revisión de NCGIA90, disponible on-line en el siguiente URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/>
- [3] [Fran95] A. Frank (Ed.), Materials for a Postgraduate Course on GIS, Publicación del proyecto subvencionado por programa Comett. 3 Volúmenes. Depto. De GeoInformación, Universidad Técnica de Viena.
- [4] Programa de la asignatura "Sistemas de Información Geográfica. Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid, 1997.
- [5] Joan Nunes i Alonso, Programa de Sistemas de Información Geográfica I. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona. 1998.

Anexo I: Programa de teoría

- Unidad 1. Presentación de la asignatura. Introducción a los SIG. (2 horas).
- Unidad 2. Naturaleza de los datos geográficos. (3 horas).
- Unidad 3. SIG raster. Modelos de datos raster. (2 horas).
- Unidad 4. Teledetección espacial. Clasificación de imágenes satélite. (1 hora).
- Unidad 5. SIG vectorial. Modelos de datos vectoriales. (2 horas).
- Unidad 6. Modelos digitales de terreno: MDT. (1 hora).
- Unidad 7. Algoritmos: Geometría computacional básica. (2 horas).
- Unidad 8. Aplicaciones de SIG. (2 horas).
- Unidad 9. Sistemas de posicionamiento global: GPS. (1 hora).
- Unidad 10. SIG distribuido en Internet (2 horas).
- Unidad 11. Interoperabilidad a través de estándares internacionales (ISO/TC211, OGC) (1 hora).
- Unidad 12. Proyectos SIG: estudio de necesidades y flujo de trabajo. (2 horas).
- Unidad 13. Tendencias en los SIG O-O (ejemplo de Smallworld) (1 hora).
- Unidad 14. Bases de datos espaciales. (2 horas).
- Unidad 15. Integración de sistemas. SIG basados en componentes. (3 horas).

Anexo II: Programa de prácticas

Todas las prácticas que se detallan seguidamente se desarrollan en sesiones de dos horas.

- Práctica 1. SIG raster I: Funcionamiento de un SIG raster y conversión de datos.
- Práctica 2. Teledetección : Composición de las imágenes de satélite y análisis de mapas raster.
- Práctica 3. SIG vectorial I: Formato y manejo de ficheros vectoriales, capas y tablas.
- Práctica 4. SIG vectorial II: Análisis espacial: buffer, distancia, consultas, búsqueda, etc.
- Práctica 5. Modelos Digitales de Terreno (MDT): Visualización en 2-D y 3-D (2,5-D).
- Práctica 6. Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Salida de la UJI con receptor portátil de GPS.
- Práctica 7. SIG por Internet: Servicios de Mapas en Web e Interoperabilidad. SVG.
- Práctica 8. Programación con componentes (MapObjects)
- Práctica 9. Visita a usuarios de un SIG O-O : Visita en grupos a las oficinas de una empresa.
- Práctica 10. Programación SIG por componentes en red: Proyecto final.