

Una Asignatura on-line de Historia de los Algoritmos

Alfonsa García, Rosa M. Pinero, Puerto Ramírez

Title—A Course on-line about History of Algorithms

Abstract—This paper describes the objectives, contents learning methodology and results of an on-line course about History of Algorithms for engineering students of the Polytechnic University of Madrid. This course is conducted in a virtual environment based on Moodle, with an educational model centered at student which includes a detailed planning of learning activities. Our experience indicates that this subject is highly motivating for students and the virtual environment facilitates competencies development.

Index Terms— e-learning, History of Algorithms, student centered learning,

I. INTRODUCCIÓN

LA Algoritmia, que el diccionario de la RAE define como *la ciencia del cálculo aritmético y algebraico*, se ocupa de la invención y análisis de algoritmos. Es, en buena medida, el fundamento de las Ciencias de la Computación y establece los límites entre los problemas que puede y no puede resolver un ordenador.

Aunque los algoritmos son independientes del ordenador y previos a su aparición, el estudio de la Algoritmia cobra una mayor relevancia desde mediados del siglo XX con el nacimiento de la Informática.

Hasta el siglo XX no se realiza la formulación precisa del concepto de algoritmo, mediante la idea de máquina de Turing (1937). Es también en el siglo pasado cuando se comienza a considerar la actividad del cerebro humano como una secuencia definida de operaciones, suponiéndose que gran parte de esta actividad es algorítmica.

Los algoritmos son en cierto modo un patrimonio hereditario de la especie humana y el estudio de su historia propicia un conocimiento más profundo de sus técnicas y desarrolla la capacidad de inventar nuevos algoritmos y mejorar otros, lo que contribuye al desarrollo de competencias genéricas, como la *“Resolución de Problemas”*, y específicas de la Ingeniería como *“Capacidad para analizar, diseñar, construir y mantener aplicaciones de forma robusta, segura y eficiente”*.

El estudio de la historia de la Algoritmia tiene en sí mismo un interés intrínseco. Por una parte por la contribución que los aspectos históricos aportan a la naturaleza de los descubrimientos y a la formación de conceptos y por otra por el conocimiento de la evolución de la ciencia y su relación e interacción con las distintas teorías.

Podemos, en este sentido, suscribir las palabras de Gerald Holton en [1]: *“El énfasis que el curso pone en el desarrollo histórico no constituye un simple ropaje humanístico de su contenido. Por el contrario, se introduce para iluminar y visualizar el contenido con el cual se integra. Se intenta enseñar la ciencia como parte del proceso total, intelectual e histórico, del cual ha sido siempre una parte importante. El alumno ganará profundidad en los principios de la ciencia...y aprenderá mucho sobre la materia fundamental...”*

Existen libros, incluso de carácter divulgativo [2], dedicados a la Historia de los Algoritmos. Pero no es fácil encontrar una asignatura universitaria en la que se estudie esta disciplina. Es posible encontrar asignaturas de Historia de la Informática (aunque no son abundantes). Como se comenta en [3], en el año 1991 la Universidad Politécnica de Cataluña ofrece, por primera vez en España, una asignatura de Historia de la Informática. En [4] aparece una relación de universidades españolas que ofrecen esta disciplina. Respecto al resto del mundo, es interesante la lista de la universidad de Warwick [5], que pretende incluir todas las universidades del mundo que ofrecen una asignatura de Historia de la Informática. Pero la Historia de los Algoritmos es más extensa y tiene sus raíces en los albores de la humanidad, cuando se hizo necesario inventar algoritmos para resolver problemas tan básicos como contar, calcular o medir. Contenidos de Historia de los Algoritmos también aparecen incluidos en asignaturas como la Historia de la Ingeniería de la Universidad Autónoma de Madrid [6] o Historia de las Matemáticas de la Universidad Complutense [7].

Cualquier ingeniero necesita formular algoritmos para resolver problemas y el conocimiento histórico de una disciplina es una componente importante para su dominio. Por ello, decidimos ofrecer una asignatura de libre elección de *Historia de los Algoritmos* (HA).

El espíritu de la libre elección, parcialmente heredado en los créditos de actividades diversas de las nuevas titulaciones de grado, implica que el estudiante pueda configurar libremente una parte de su currículum, completando su formación con materias de su interés. Pero con frecuencia esta libertad está limitada por la compatibilidad horaria y la facilidad de acceso al lugar físico en el que se imparte la asignatura. Las nuevas tecnologías y las plataformas de tele-enseñanza, que se vienen usando con éxito desde hace años en las universidades a distancia, permiten a las universidades presenciales ampliar su oferta educativa, eliminando las barreras de la distancia física y tiempo. Por ello actualmente son muchas las universidades presenciales que disponen de una oferta de asignaturas on-line, ligándola a los cambios metodológicos (ver [8]). La oferta abarca incluso ámbitos

Las autoras A. García, R. M. Pinero y P. Ramírez son profesoras de la Universidad Politécnica de Madrid, de las áreas de Matemática Aplicada, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Física Aplicada respectivamente. Emails (por orden de firma): alfonsa.garcia@eui.upm.es, rpintero@eui.upm.es, puerto@eui.upm.es. DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

tradicionalmente presenciales, como el de la enseñanza de las Matemáticas (ver [9]).

Nuestra asignatura HA está incluida en la *Oferta Global de Libre Elección por Telenseñanza* de la Universidad Politécnica de Madrid [10], junto con más de ciento treinta asignaturas, que se ofrecen como complementos de formación en estudios de Ingeniería y Arquitectura y abarcan una gran variedad de materias, entre otras la Ciencia, la Tecnología, la Gestión, la Historia, el Arte y la Filosofía. Las asignaturas se desarrollan por lo general en un entorno de aprendizaje virtual, que permite obtener los conocimientos sin coincidir en el tiempo ni en el lugar con el profesor, desde cualquier ordenador con conexión a Internet. Se puede optar entre las modalidades e-learning (totalmente a distancia) y b-learning (con algunas actividades presenciales).

Concretamente, la asignatura HA se ofrece en modalidad e-learning, con un material especialmente diseñado para el uso de la *Plataforma Institucional de Telenseñanza de la UPM*, basada en Moodle [11]. Dicha herramienta presenta entre otras las siguientes ventajas:

- Facilidad de acceso, ya que es de código abierto y libre de pago.
- Facilidad de uso, ya que su manejo es muy intuitivo.
- Variedad de recursos para gestionar las actividades.
- Soporte institucional.
- Amplia difusión, lo que permite aprovechar otras experiencias (ver [11], [12], [13], [14]).

La modalidad on-line es especialmente adecuada para una asignatura de carácter divulgativo, pero que pretende ser suficientemente rigurosa, en línea con textos como [2], [3], [15] ó [16] y en la que se aprovecha la oportunidad de presentar a los alumnos el hecho histórico fascinante de que, por motivaciones intrínsecas al desarrollo de las Matemáticas, en el primer tercio del siglo XX, un grupo de científicos de primer nivel estudiaron, con extraordinario rigor, las nociones básicas acerca de lo computable (o algorítmicamente realizable) y, lo que es aún más importante, establecieron algunos límites fundamentales que ningún dispositivo o formalismo de cómputo puede superar. Todo ello ¡antes de que aparecieran los primeros ordenadores propiamente dichos! Esta asignatura ofrece la oportunidad de presentar algunas ideas muy básicas sobre la Teoría de la Computabilidad no cubiertas por otras materias.

II. PUESTA EN MARCHA DE LA ASIGNATURA ON-LINE

Partiendo de la experiencia previa, en los cursos 2007-2009, de la asignatura HA impartida en formato presencial en el marco del título de Experto en Algorítmica aplicada a la Empresa y a la Industria de la U.P.M. (ver [17]), decidimos abrir la asignatura a otros estudiantes y ofrecerla en formato e-learning. Con esta modalidad, la asignatura HA se puso en marcha en el curso 2009-10, con una oferta de 30 plazas que se cubrió totalmente por alumnos matriculados en diferentes Ingenierías. Tras esta primera experiencia satisfactoria, en el curso 2010-11 se está impartiendo por segunda vez.

La asignatura tiene asignados 4'5 créditos LRU, equivalentes a 3 ECTS, por lo que se estima una carga total entre 75 y 80 horas de trabajo del estudiante, que se han distribuido en las diferentes actividades de aprendizaje planificadas.

Para diseñar la asignatura se hizo una planificación análoga a la descrita en [12] con las siguientes fases:

1. Definición de competencias y resultados de aprendizaje.
2. Diseño de un programa de actividades de aprendizaje asequibles y que permitan alcanzar los resultados previstos.
3. Planificación de un calendario de entregas.
4. Diseño de un modelo de evaluación continua on-line, que potencie el papel formativo de la evaluación introduciendo mecanismos de retroalimentación inmediata.
5. Establecimiento de un protocolo de calidad, que incluya recogida sistemática de datos para la mejora del proceso.

III. COMPETENCIAS PREVISTAS

La competencia específica de la asignatura HA es: *Obtener el conocimiento de técnicas algorítmicas actuales basadas en sus precedentes históricos y comprender el tratamiento histórico de determinados problemas, desde distintos puntos de vista, combinando técnicas y algoritmos conocidos.*

Además, el diseño de la asignatura pretende favorecer el desarrollo de las siguientes competencias genéricas:

- Aprendizaje autónomo
- Uso de tecnología
- Resolución de problemas
- Capacidad de análisis y síntesis
- Redacción de documentos científicos

De modo específico, se han establecido como resultados de aprendizaje los siguientes:

1. Conocer el origen de la palabra algoritmo y valorar la trascendencia de la obra de Musa Al-Khwarizmi.
2. Identificar las características fundamentales de un algoritmo.
3. Formular algoritmos que resuelvan problemas sencillos e identificar cuándo un algoritmo está bien formulado.
4. Discernir entre la “verificación formal de un algoritmo” y la “realización de pruebas”, así como entre “no se conoce algoritmo para la resolución de un problema” y “el problema no tiene solución algorítmica”.
5. Valorar las aportaciones de determinados personajes históricos trascendentes en la historia de los algoritmos y ubicarlos cronológicamente.
6. Conocer las características de algunos sistemas antiguos de numeración, y los correspondientes algoritmos utilizados para la realización de operaciones aritméticas básicas.
7. Analizar la evolución histórica de la “automatización del cálculo” y de la “mecanización de los procesos deductivos”.
8. Analizar la evolución histórica, antes y después de la aparición del ordenador, de distintos algoritmos para la resolución de ciertos problemas (factorización de enteros, resolución de ecuaciones, comunicación cifrada, ordenación,...).

9. Entender el problema de la consistencia de las matemáticas surgido en los siglos XIX-XX. En particular, los problemas planteados por Hilbert relativos a la completitud, consistencia y decidibilidad de los sistemas deductivos y las respuestas de Gödel, Turing y Church a estos problemas.
10. Valorar el contexto histórico en el que surgió la Teoría de la Computabilidad.
11. Desarrollar, basándose en un lenguaje de programación actual, los rudimentos de la Teoría de la Computabilidad.
12. Entender la indecidibilidad del problema de parada y conocer otros problemas indecidibles.
13. Manejar la noción de máquina de Turing y valorar su influencia en la arquitectura de los ordenadores propuesta por Von Newman.
14. Analizar el papel de los lenguajes de programación para expresar algoritmos y comunicarse con los ordenadores.
15. Entender la noción de lenguaje máquina y la necesidad de abstracción que conduce a los lenguajes de alto nivel.
16. Comparar distintos paradigmas de programación y su evolución histórica.
17. Comprender las ideas esenciales del análisis de los algoritmos y los conceptos de eficiencia y exactitud.
18. Manejar algunos rudimentos sobre clases de complejidad y, en función de ellas, algoritmos que se consideran tratables e intratables. Entender la cuestión P versus NP.
19. Valorar la trascendencia histórica de determinados algoritmos criptográficos, con ejemplos como la "Máquina Enigma".
20. Entender la importancia del coste computacional de los algoritmos de factorización en la criptografía de clave pública actual y en concreto en relación con el algoritmo RSA.
21. Aprender la relevancia de los algoritmos cuánticos de Grover y Shor y conocer las aportaciones de la criptografía cuántica.

Aunque se pretende alcanzar estos resultados de aprendizaje a un nivel muy básico, el programa es ambicioso y por ello se ha hecho un esfuerzo para presentar los contenidos de forma asequible y amena, complementando el punto de vista histórico con ideas de programación más modernas y familiares para el alumno, lo que refuerza su valor formativo. Los contenidos de la asignatura se han organizado en los siguientes temas:

1. Algoritmos previos a la aparición del computador.
2. El nacimiento de la computabilidad.
3. De los algoritmos a los programas.
4. Mejora de la eficiencia: Distintos algoritmos para un mismo problema.

Para el tema 4 se han elegido problemas, como el de la comunicación secreta o la ordenación de listas de datos, teniendo en cuenta el atractivo abanico de algoritmos desarrollados para estos problemas a lo largo de la historia.

Los resultados de aprendizaje 4, 5 y 8 son transversales y se abordan en distintos temas. De modo específico, se tratan en el tema 1 los resultados 1, 2, 3, 6 y 7, en el tema 2 los resultados del 9 al 13, en el 3 del 14 al 16 y en el 4 del 17 al 21.

IV. METODOLOGÍA

Las nuevas tecnologías permiten nuevas formas de aprendizaje con un mayor protagonismo del estudiante y en las que el profesor tiene un papel de guía en la construcción del conocimiento.

La asignatura HA se imparte totalmente en modalidad e-learning, con el apoyo de Moodle. Con el fin de organizar el uso de los diferentes recursos docentes, los estudiantes disponen, de una planificación de la asignatura y para cada tema, de una *Guía de Aprendizaje* en la que se detallan:

- Objetivos del tema.
- Material a utilizar y referencias.
- Instrucciones concretas sobre las actividades a realizar.

Como herramientas de comunicación entre profesoras y alumnos, se ha creado un *Foro de Noticias* para ir recordando las distintas actividades y otros de *Consulta y Debate* para tutorías on-line sobre cada tema, en los que se incentiva la participación de los estudiantes, que envían respuestas y discuten sobre cuestiones planteadas.

El material de cada tema (ver figura 1) incluye una presentación en Power-Point, preparada por las profesoras, que sirve como guión y cuya información se debe completar, en algunos aspectos, consultando las referencias, que a veces están puestas en la propia presentación como enlaces a páginas web. Las dudas comentarios y respuestas a preguntas y sencillos ejercicios planteados en las presentaciones se discuten en el foro de *Debate y Consultas*, creado para tal fin.

Además, los estudiantes deben realizar las actividades de aprendizaje que se enumeran a continuación:

A. Trabajos Dirigidos

En la *Guía de Aprendizaje* de cada tema se incluyen las especificaciones de trabajos dirigidos, acordes con los objetivos del tema, incluyendo plazos y forma de presentación, contenido e instrucciones, tiempo estimado de trabajo y criterios de evaluación. Estos trabajos (Tabla I) pueden incluir búsqueda de información y elaboración de una memoria o una presentación en Power-Point; resolución de problemas y aplicación o programación de algún algoritmo. Son pequeños proyectos de unas cuatro horas de trabajo (lo cual hace que el estudiante lo vea como una tarea asequible) y tiene que hacer aproximadamente uno cada semana.

Para gestionar las entregas se usa el recurso *Tarea* de Moodle, que permite a los alumnos subir el fichero a la plataforma.

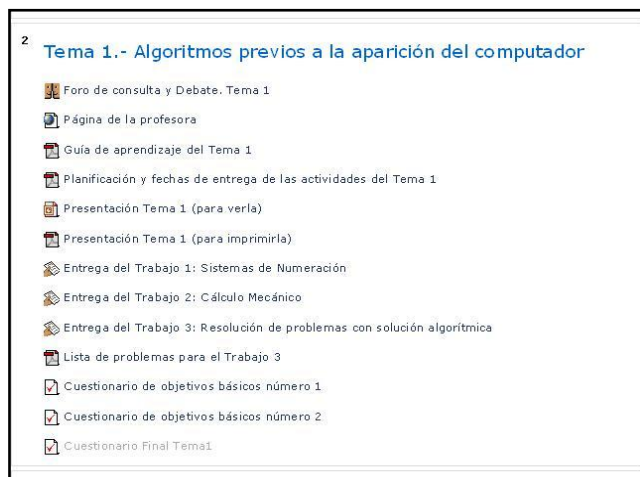


Fig. 1. Pantalla del Tema 1

Como ejemplo se pueden ver el trabajo TD1.1: Se trata de elaborar una memoria sobre un sistema antiguo de numeración, a elegir por el autor entre: babilónico, egipcio, ático, jónico, maya y el antiguo sistema chino. En la figura 2 se muestra la descripción que se facilita al estudiante al acceder a la tarea correspondiente.

B. Cuestionarios Básicos

Para cada tema, los estudiantes deben responder a las preguntas de uno o dos Cuestionarios de Objetivos Básicos (CB). La realización de estos cuestionarios es una actividad de aprendizaje, que se recompensa en la evaluación, con un 2% de la calificación final para cada uno. Cada CB tiene veinte preguntas tipo test, se resuelve en modo interactivo on-line sobre la plataforma Moodle. Los alumnos disponen de unos días para realizar el cuestionario en el momento que consideren oportuno. Se les permite hacer dos intentos (con tiempo limitado de veinte minutos para cada uno) y se considerará como válido el que tenga mayor número de aciertos. Puesto que se conciben como actividad de aprendizaje, al enviar el cuestionario resuelto, aparece el documento corregido con una retroalimentación que explica las respuestas falladas. Así, en el segundo intento, cuando el alumno se encuentre con un cuestionario diferente, pero relativo a los mismos resultados de aprendizaje, tendrá oportunidad de corregir sus errores.

C. Cuestionario Fin de Tema

Al final de cada tema, todos los alumnos han de hacer, simultáneamente conectados on-line, un Cuestionario Fin de Tema (CFT), con diez preguntas tipo test de opción múltiple. Este cuestionario, también se corrige automáticamente al enviarlo, pero en este caso los estudiantes disponen de un único intento y no hay retroalimentación. La componente de evaluación sumativa de este cuestionario es mayor que la que tenían los cuestionarios de objetivos básicos, en cambio la componente formativa es menor.

TABLA I
TRABAJOS DIRIGIDOS

TD 1.1	Sistemas antiguos de numeración
TD 1.2	Mecanización del cálculo
TD 1.3	Problemas con solución algorítmica
TD 2.1	Test de Turing
TD 2.2	Máquina de Turing
TD 2.3	Aportaciones y limitaciones del ENIAC
TD 3.1	Biografías de personajes relevantes
TD 3.2	Historia de un lenguaje de programación
TD 4.1	Máquina Enigma
TD 4.2	Visión histórica de algoritmos de ordenación y búsqueda
TD 4.3	Problemas de complejidad P y NP
TD 4.4	Algorítmica y criptografía cuántica

V. MODELO DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura HA es completamente on-line, con un modelo de evaluación continua que contempla evaluación formativa y sumativa y no incluye ninguna prueba presencial en la convocatoria ordinaria. Esto, que puede resultar sorprendente, es algo que ya se viene haciendo en algunas universidades. En [18] se presenta una investigación sobre los métodos de evaluación usados en cursos de matemáticas on-line en distintas universidades, que entre otras cosas concluye que hay un amplio porcentaje de cursos con sistemas de evaluación 100% on-line, en los que se da más importancia a la evaluación formativa que a la sumativa.

Los protocolos de autenticación, de acceso a la asignatura no permiten detectar la suplantación de personalidad consentida. Pero el riesgo de que las actividades de evaluación de un estudiante sean realizadas por otra persona es pequeño, teniendo en cuenta que se trata de una asignatura muy específica, con pocos alumnos y que tienen que hacer muchas actividades de evaluación diferenciadas, cada una de las cuales tiene un peso muy pequeño en la nota final.

La experiencia del primer año ha permitido contrastar la validez del modelo, si bien ha aconsejado modificar ligeramente los porcentajes de la calificación final asignados a las distintas actividades de aprendizaje.

Algunas actividades se han personalizado, por ejemplo haciendo que ejecuten determinados algoritmos con datos de entrada que dependen del número del DNI del estudiante.

También los cuestionarios de objetivos básicos son diferentes para cada alumno y los cuestionarios fin de tema, que son iguales para todos y se hacen simultáneamente, tienen las preguntas en distinto orden y con las opciones barajadas.

Pensando en el efecto formativo de la evaluación, se facilita al estudiante el detalle de los criterios de evaluación de cada actividad y además recibe, en muy breve plazo las correcciones correspondientes. Prácticamente, el estudiante conoce cada semana la calificación de dos actividades, lo que le estimula en su proceso de trabajo diario.

Tiempo estimado	4 horas
Plazo de presentación	Finaliza 8 de Marzo a las 23 horas
Forma de entrega	Documento Word (máximo 4 páginas)
Contenido de la memoria	<ol style="list-style-type: none"> Contexto histórico. Descripción detallada del sistema elegido, con ejemplos de cómo escribir números (ejemplos obligatorios: escribir 1524 y el número formado con los tres últimos dígitos del DNI del autor). Formulación de los algoritmos para sumar y multiplicar en el sistema elegido (ejemplo obligatorio: multiplicar por 25 el número formado por los tres primeros dígitos no nulos del DNI del autor). Referencias utilizadas y tiempo empleado.
Valoración	5% de la nota final de la asignatura

Fig 2. Descripción de la tarea TD 1.1

El porcentaje total sobre la calificación final de las actividades de cada tipo es el siguiente:

- Trabajos Dirigidos: 58% (la nota de cada trabajo supone entre un 3% y un 9% de la nota final de la asignatura).
- Participación en el foro de consulta y debate: 8% (2% por la participación en cada módulo).
- Cuestionarios de Objetivos Básicos: 14% (cada cuestionario básico contribuye un 2%).
- Cuestionarios Fin de Tema: 20% (un cuestionario por cada módulo, que contribuye un 5% a la nota final).

Para aprobar la asignatura hay que sumar 5 puntos sobre 10, entre todas las actividades, habiendo superado una calificación mínima en las correspondientes a cada tema.

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las profesoras de HA, valoramos positivamente la experiencia y pensamos que la asignatura responde a las expectativas previstas, proporciona una visión panorámica bastante adecuada y fundamenta conceptos básicos de computabilidad. Además, las características de sus contenidos, su perspectiva cultural, histórica y humanística, la hacen especialmente adecuada para la modalidad e-learning y nos ha permitido adquirir competencias en enseñanza on-line, útiles para ofertar otras asignaturas.

Con la oferta on-line, al ampliar el espectro, conseguimos tener alumnos mucho más interesados en la materia y la relación con ellos ha sido muy buena, ya que su participación ha sido bastante activa, si bien ello ha implicado la dedicación de más tiempo, por parte de las profesoras, del inicialmente previsto.

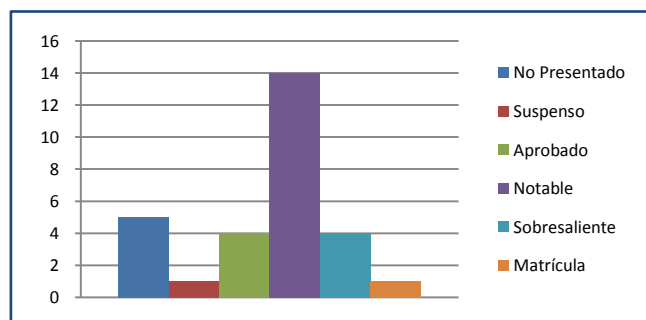


Fig. 3. Resultados académicos 2009-10

TABLA II
ENCUESTA DE SATISFACCIÓN 2009-10:
VALORES MEDIOS, SOBRE UN MÁXIMO DE 5

Temas	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	Media
Contenidos	4.2	4.0	4.1	4.2	4.125
Material	4.0	3.6	3.6	3.9	3.775
Presentación	4.1	4.1	4.0	4.0	4.05
Trabajos	3.9	3.9	4.2	3.9	3.975
Cuestionarios	4.2	4.0	4.1	4.0	4.075
Evaluación	4.2	4.4	4.4	4.4	4.35

Los resultados académicos de la primera experiencia on-line (fig. 3) han sido satisfactorios y mejores que los obtenidos en la experiencia previa de la asignatura impartida en modo presencial: de los 29 alumnos matriculados, 23 superaron la asignatura, con calificaciones razonablemente buenas y el resto la abandonaron, dejando de realizar las actividades propuestas, antes de acabar el curso.

Los tiempos de trabajo declarados por los estudiantes para las actividades realizadas se han ajustado razonablemente a las estimaciones previstas.

También el grado de satisfacción de los estudiantes ha sido más alto en la experiencia on-line. En las encuestas análogas realizadas en la experiencia presencial, los valores medios en todos los apartados de la tabla II estaban por debajo de 4.

Como líneas de trabajo futuras nos planteamos el establecimiento de mecanismos on-line para aprendizaje colaborativo y exportar algunos de los recursos utilizados en esta asignatura a otras impartidas en formato presencial.

REFERENCIAS

- [1] G. Holton, "Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas". Reverté, 1993.
- [2] R. Peña Marí, "De Euclides a Java. Historia de los algoritmos y de los lenguajes de programación". Nivola, 2006.
- [3] M. Barceló, "Una historia de la Informática", UOC, 2008
- [4] Riesco, M., Cernuda, A., "Incorporación de la Historia de la Informática a los planes de estudios de Informática", *XV JENUI*, Barcelona, 2009. ISBN: 978-84-692-2758-9
- [5] A list of courses on the History of Computing, Warwick University, 2008. http://www.dcs.warwick.ac.uk/~mck/HoC_Courses.html (1-marzo 2011)
- [6] Asignatura: Historia de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Madrid. <http://arantxa.ii.uam.es/~alfonsec/curso2t.htm> (1-febrero-2012)
- [7] XXXIII Seminario de Historia de la Matemática Universidad Complutense de Madrid <http://www.mat.ucm.es/shm> (1-febrero-2012)
- [8] M. Area, "¿Qué aporta Internet al cambio pedagógico en la educación superior?" *Actas del III Congreso Internacional de Comunicación, Tecnología y Educación*, U. Oviedo, 2000, pp. 128-135.
- [9] C. Steegmann, M. A. Huertas, A. Juan, M. Prat "E-learning de las asignaturas del ámbito matemático-estadístico en las universidades españolas: oportunidades, retos, estado actual y tendencias" *RUSC*, 5, n.2, 2008, accesible (1-febrero 2012) en http://www.uoc.edu/rusc/5/2/dt/esp/steegmann_huertas_juan_prat.pdf
- [10] Oferta Global de Libre elección por Telenseñanza de la U.P.M. <http://www.upm.es/institucional/Estudiantes/OrdenacionAcademica/LEGlobal/online> (1-febrero-2012)
- [11] Moodle <http://moodle.org> (1-febrero-2012)
- [12] P. Canto et al, "Cómo usamos Moodle en nuestras asignaturas adaptadas al EEES" *IEEE-RITA*, 5, n.3, 2010, pp.75-85.
- [13] M.T. Carracedo, C. Pérez, P. Ramírez, B. Salazar, "Implantación coordinada del entorno virtual Moodle y su utilización en la Escuela Universitaria de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid". *Jornadas Internacionales de Innovación Educativa (INCE)*, 2009. Madrid. Proceedings en CD. ISBN 978-84-692-9417-8

- [14] M.T. Pérez Rodríguez, “Innovación en docencia universitaria con Moodle. Casos prácticos”. ECU, 2009.
- [15] M. Davis, “La computadora universal. De Leibniz a Turing”, Debate, 2002.
- [16] N. Martí, M. Palomino, J. A. Verdejo: “Introducción a la Computación”. Anaya 2005.
- [17] Experto en Algorítmica aplicada a la Empresa y a la Industria. Título propio de la UPM. <http://www.eui.upm.es/node/947> (1-febrero-2012)
- [18] S. Trenholm, “An investigation of assessment in fully asynchronous online math courses”. *International Journal for Educational Integrity*, vol.3, n.2, 2007, pp. 41-55



Alfonsa García López. Es doctora en Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid desde 1985 y Profesora Titular de Universidad de la Universidad Politécnica de Madrid desde 1987. Ha trabajado en Análisis Matemático y en Didáctica de la Matemáticas, sobre todo en relación con el uso de tecnologías. Es coordinadora del grupo de Innovación educativa GIEMATIC de la U.P.M.



Rosa María Pinero Fernández. Es licenciada en Matemáticas (especialidad Ciencias de la Computación) por la Universidad Complutense de Madrid desde 1982 y Profesora Titular de Escuela Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid desde 1988. Pertenecer al área de conocimiento Lenguajes y Sistemas Informáticos. Sus temas de interés son la Programación Orientada a Objetos y Programación Declarativa.



Puerto Ramírez Fernández. Es Licenciada en Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid desde 1980 y Profesora Titular de Escuela Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid desde 1988. Pertenecer al área de conocimiento de Física Aplicada. Está interesada en la Historia de la Ciencia y pertenece al grupo de investigación de “Sensores y Actuadores” de la UPM