

UN MODELO DE VIRTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS SUPERIORES COMO MARCO PARA DESARROLLO DE LA CONVERGENCIA EUROPEA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR.

Antonio Sarasa Cabezuelo

Departamento de Sistemas Informáticos y Programación. Facultad de Informática.
Universidad Complutense de Madrid

Resumen

En este artículo se describen el proceso que se está desarrollando en la Universidad Complutense de Madrid para incorporar un Campus virtual a la universidad. Para ello se está llevando a cabo la virtualización de las asignaturas que se imparten de manera presencial. En concreto en la Facultad de Informática, en el departamento de Sistemas Informáticos y Programación se quieren virtualizar tres asignaturas, de las cuales, la asignatura de “Estructuras de Datos y de la Información” se ha ofrecido a los alumnos, para que ya puedan hacer uso de la misma. Así en el artículo describimos cómo se está virtualizando esta asignatura, y los primeros resultados parciales que hemos obtenido.

Palabras Clave: E-Learning, Teleformación, Virtualización, Generación de contenidos.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el curso académico 2002/2003 el Vicerrectorado de Nuevas Tecnologías de la Universidad Complutense de Madrid, ahora Vicerrectorado de Innovación, Organización y Calidad decidió poner en marcha un proyecto para crear un campus virtual para uso de los alumnos y del personal docente de la universidad.

El principal objetivo de dicho proyecto era crear la infraestructura necesaria para ofrecer a los alumnos un apoyo a distancia que complementara la formación que reciben de forma presencial, y ofreciera a los profesores otro medio por el cual llevar a cabo su labor docente.

Con esta finalidad el Vicerrectorado formó un equipo de trabajo para llevar a cabo dicho proyecto, creándose la denominada Unidad de Apoyo Tecnológico a la Docencia (UATD). Dicha unidad ha implementado el proyecto en varias fases diferentes:

a) Elección de una herramienta.

En sus primeros momentos de actividad la UATD comenzó una búsqueda de una herramienta que diera soporte al campus virtual que se quería crear. La elección de la herramienta era un punto crítico del proyecto debido a las características particulares de la Universidad Complutense de Madrid. Se trata de una universidad de alrededor de 90.000 alumnos, 6000 profesores y casi 15000 asignaturas. Ante este contexto de números tan gigantesco había que buscar una herramienta que ofreciera estabilidad y seguridad reconocidas por su uso en otras universidades.

Además otra de las características que debía ofrecer la herramienta era simplicidad, pues tanto alumnos como profesores presentan perfiles muy diversos y sesgados. En la Universidad Complutense se imparten licenciaturas tanto del ámbito de las Ciencias Humanas tales como Filosofía, Geografía o Historia del Arte hasta del ámbito de las Ciencias Tecnológicas tales como Informática, Físicas o Matemáticas. Así pues los conocimientos y el punto de arranque de cada uno de los usuarios son bien distintos, haciendo necesario que la herramienta que se eligiera fuera fácil de aprender y de usar.

Bajo estos principios se buscaron y probaron diversas plataformas, de las cuales finalmente se redujo la elección a dos:

- a) WebCT([12])
- b) BlackBoard([1])

Ambas son plataformas de formación a distancia comerciales([8]) que ofrecen subgrupos de herramientas diseñadas para desarrollar rápidamente cursos en línea tales como: páginas personales (home pages) para los alumnos, foros de discusión, e-mail, chat, glosario de términos, calendario de eventos, exámenes, autoevaluaciones, tareas, bloc de notas, tablero interactivo... Además permiten a los profesores presentar sus cursos de una forma flexible y variada. Desde instrucciones estructuradas en un proceso de autoentrenamiento hasta sesiones dinámicas e interactivas de grandes grupos. La forma como se presenta el curso

on line depende del contenido([6]), de la complejidad del material de estudio y de la metodología de enseñanza escogida por el profesor. Y además ambas reunían las características buscadas, ofrecen entornos estables y su uso es simple y fácil.

Se eligió WebCT. Los hechos que motivaron decantar la elección por WebCT frente a BlackBoard fueron principalmente([3]):

- Las estadísticas de uso de la herramienta a nivel mundial: 2,500 instituciones, 12 millones de alumnos, 360,000 profesores en 60 países.
- La apuesta realizada por una importante número de universidades españolas por esta herramienta.
- La implantación con éxito en la Universidad Nacional Española a Distancia(UNED), universidad de características muy similares tanto en número como en diversidad de usuarios a la Universidad Complutense de Madrid.

b)Diseño de una fase de prueba para el curso 2003/2004

Elegida la herramienta, la siguiente cuestión que se tuvo que resolver fue qué nivel de implantación se iba a llevar a cabo. En este sentido y por las razones antes de señaladas de número de alumnos y diversidad de perfiles, se tomó la decisión de no implantarla a nivel global en la universidad, es decir extendida a todos los alumnos y a todas las asignaturas. No se disponía de profesores preparados para usar la herramienta, ni para generar materiales educativos que ofrecer en la misma, ni para resolver las posibles dudas sobre el uso de la herramienta que pudieran surgir a los alumnos.

Otro hecho a tener en cuenta era el carácter voluntario de la participación de los profesores. Los profesores no estaban obligados a tener que participar en esta experiencia, y no se podía conocer que respuesta podía tener en el profesorado.

Así pues se decidió tomar una línea conservadora, y llevar a cabo la contratación de un número limitado de licencias para el uso de la herramienta, y dirigido a un conjunto de profesores que voluntariamente estuvieran dispuestos a participar de esta experiencia y llevar a cabo la virtualización de las asignaturas que impartieran de forma presencial.

c) Creación de una red de coordinadores en cada Facultad.

Tomada la decisión de contratar un número limitado de licencias, se puso en marcha la creación de una red de coordinadores en cada uno de los centros participantes en la experiencia de la Universidad.

La labor del coordinador debía ser la de servir de nexo de comunicación entre la UATD y el grupo de profesores voluntarios de ese centro que participarían en la experiencia. La elección de los coordinadores fue delegada a los decanatos de cada una de las facultades, dándoles libertad para que eligieran quien debía ser su representante.

La primera labor de los coordinadores fue llevar a cabo la publicidad y reclutamiento de profesores voluntarios de sus centros respectivos que quisieran participar. En este sentido el coordinador a través de los medios pertinentes que decidiera, por ejemplo vía email, vía conferencia, puso en conocimiento de los interesados esta experiencia que se iba a emprender.

d) Formación de un conjunto de profesores voluntarios.

Reclutados los profesores interesados en participar, la empresa distribuidora de WebCT impartió un curso de formación para dichos profesores, en el cual se vieron los elementos mínimos necesarios para poder empezar a trabajar con la herramienta y los alumnos.

e) Reparto de las licencias y puesta en marcha la virtualización de las asignaturas.

El siguiente problema que surgió fue el reparto de las licencias entre los profesores de los centros participantes.

Uno de los objetivos de esta fase de prueba, era sacar conclusiones de esta primera experiencia, para tener elementos de decisión, a la hora de planificar la implantación del campus virtual en el curso 2004/2005. Por ello se quería obtener unos datos muy concretos sobre el impacto y uso en esta primera fase, en concreto se quería valorar los siguientes puntos:

- *Participación y uso de la herramienta por parte de los alumnos en general.
- *Motivación de los alumnos según el perfil del mismo.
- *Coste en tiempo y esfuerzo de dedicación del profesor para virtualizar y mantener la asignatura.
- *Respuesta de los alumnos según el tipo de asignatura:
 - Anual/ Cuatrimestral.
 - Muchos alumnos/Pocos alumnos.
 - Primer Ciclo/Segundo Ciclo/Tercer Ciclo
 - Ciencias Humanas/Ciencias Tecnológicas
- *Influencia sobre el rendimiento y hábitos del alumno.
- *Motivación del profesorado para trabajar con la herramienta.
- *Impacto sobre el método docente al complementarse con una formación a distancia.

Atendiendo a estas necesidades la UATD realizo a cada centro a través del coordinador una primera propuesta de asignaturas a virtualizar. Esta propuesta trataba de poner en marcha todas aquellas poder asignaturas de los tipos necesarios para poder cubrir la mayor parte de los experimentos que se querían realizar. Sin embargo la propuesta estaba limitada en cada centro por las asignaturas de los profesores que se habían ofrecido como voluntarios. Es decir, se dio la siguiente casuística:

- a) Centros que no tenían profesores interesados.
- b) Centros con un número pequeño de profesores interesados.
- c) Centros con un número significativo de profesores interesados.

En los centros con profesores voluntarios se intento virtualizar todas las asignaturas que presentarían perfiles distintos, es decir, si había dos asignaturas parecidas, del mismo carácter anual/cuatrimestral, un número aproximadamente igual de alumnos,..., entonces solo se propuso virtualizar una.

Esta forma de proceder tuvo como consecuencia, que de los profesores que se habían ofrecido voluntarios y habían asistido al curso de formación, hubiera un porcentaje de los mismos que no pudieran virtualizar su asignatura este año. Así la UATD decidió ofrecer a esos profesores la posibilidad de virtualizar su asignatura pero sin alumnos. Los datos que pudieran sacarse de este tipo de asignaturas sin alumnos, eran incompletos en los aspectos referidos a los alumnos, pero si podían dar información sobre el profesor.

Además también se decidió reservar un número de licencias para aquellos centros que no se habían mostrados interesados, pero se esperaba que en el futuro inmediato se animarán a participar, o bien para ampliar asignaturas de centros ya participantes. De forma que se propuso el siguiente orden de asignación:

- 1.- Asignaturas de los nuevos Centros.
- Asignaturas de Doctorado.
- Asignaturas de coste cero.
- Ampliación de asignaturas en funcionamiento.
- Asignaturas anuales y de 2º cuatrimestre.

Así a comienzos del curso, se llevo a la siguiente situación:

- ✓ Asignaturas anuales: 21 (4 de Doctorado)
- ✓ 1er. Cuatrimestre: 20 (2 de Doctorado)
- ✓ 2º Cuatrimestre: 21 (1 de Doctorado)
- ✓ Asignaturas con 1 alumno (coste cero): 58
- ✓ Coordinadores y Profesores: 2
- ✓ Licencias reservadas para centros todavía no incorporados: 4 centros + Formación Continua + Escuela de Verano

Además a lo largo del proceso anteriormente comentado surgieron problemas de diversa índole:

1) Problemas técnicos.

Se planteó el problema de dar de alta a un número tan considerable de alumnos. En este sentido se pensaron en varias alternativas. Desde el alta manual por parte del profesor, hasta el uso de un formulario que permitiera registrarse al propio alumno en el curso. Finalmente se decidió realizar el alta automáticamente, cargando los registros de los alumnos a partir de los datos de la matriculación, y que el profesor tuviera los

Con formato: Numeración y viñetas

suficientes permisos como para modificar los datos erróneos sobre los alumnos, que pudieran aparecer debido al proceso automatizado.

2) Problemas formativos.

Se presentaron dos problemas distintos. Por una parte el problema de dar cobertura a las posibles dudas que los profesores que hubieran hecho el cursillo de formación, y estuvieran virtualizando una asignatura. Y por otra parte el problema de dar formación a los nuevos profesores que se fueran incorporando al proyecto.

El primer problema se solucionó, haciéndose cargo de todas las posibles cuestiones los miembros de la UATD, y al segundo problema se han establecido dos soluciones: una solución oficial por parte de la unidad, que es el compromiso de generar un curso específico para la Complutense creado por la propia UATD y profesores voluntarios ya formados, y otras soluciones extraoficiales a nivel de centro, que han habilitado diferentes mecanismos para llevar a cabo la formación de sus profesores. Así por ejemplo algunas facultades han contratado personal específico para esta labor, y otras han contratado los servicios de la distribuidora de WebCT.

3) Problemas motivación([11])

Involucrarse en el proyecto, conlleva a un profesor a comprometer parte de su tiempo laboral, de una manera gratuita, y en principio sin ningún tipo de renumeración. Este contexto hace que en muchos casos los profesores no quieran participar en este tipo de experiencias.

Es por ello que el Vicerrectorado sensibilizado con esta situación, y con el fin de fomentar la participación en estas actividades diseñó un conjunto de beneficios que motivarán a todos aquellos que participan en estas actividades y que animará a los que aún no participan a participar. En concreto:

- Reconocimiento de créditos de docencia a los profesores involucrados y a los coordinadores.
- Reconocimiento económico en el pago del complemento retributivo al que tiene derecho el profesorado.
- Mantenimiento de la docencia para el año siguiente, al profesor participante, de las asignaturas virtualizadas en ese año.
- Presupuesto específico para la realización de proyectos de innovación educativa que favorezcan la implantación del campus virtual.

4) Problemas de método.

Otro problema que se planteó fue la inexistencia de una metodología para llevar a cabo la generación de los contenidos educativos([2],[9]), del tiempo a dedicar a dicha labor o por ejemplo los formatos a usar en los recursos educativos.

Para este problema la UATD se ha dedicado a elaborar un manual de las buenas prácticas, aún no cerrado, en el cual se sintetiza cual debe ser la forma más correcta de trabajar ante diversas situaciones que se pueden ir produciendo en el desarrollo de la virtualización de las asignaturas.

II. PLAN DE VIRTUALIZACIÓN EN LA FACULTAD DE INFORMÁTICA

En la Facultad de Informática dado el tipo de docencia que se imparte, muchos de los profesores de la facultad disponen de sus propias páginas web, su propio material educativo electrónico, y existen casos de profesores que han tenido experiencias con plataformas de teleformación del tipo de WebCT o bien investigan en temas de informática educativa.

El decanato eligió dos profesores para llevar a cabo la coordinación con la UATD, y éstos pusieron en marcha la publicidad y reclutamiento de profesores voluntarios para participar en la experiencia. Debido a las características particulares antes comentadas, la respuesta del profesorado no ha sido tan numerosa como en otras facultades, ya que las ventajas que ofrecía la herramienta a los profesores, muchos de ellos ya las habían conseguido con otras herramientas que llevaban usando desde hace años. Así las peticiones de participación que se llevaron a cabo se pueden ver reflejadas en la tabla 1.

Anuales			
Tipo	Asignatura	Departamento	Nº alumnos
opt	Programación concurrente		10
tr	Teoría de autómatas y lenguajes formales (2 grupos)		240
opt	Control digital		20
tr	Estructura de datos de la información	Sistemas Informáticos y Programación	120
			390
1er cuatrimestre			
Tipo	Asignatura	Departamento	Nº alumnos
obli	Sistemas Operativos	Arquitectura de computadores y automática	100
obli	Laboratorio de Sistemas Operativos	Arquitectura de computadores y automática	100
			200
2º cuatrimestre			
Tipo	Asignatura	Departamento	Nº alumnos
obli	Laboratorio de Sistemas Operativos	Arquitectura de computadores y automática	100
opt	Programación de aplicaciones web	Sistemas informáticos y programación	40
obli	Ampliación de computadores y automática	Arquitectura de computadores y automática	90
			230

Tabla 1. Peticiones de virtualización de asignaturas en la Facultad de Informática

Así éste fue el conjunto de peticiones que fue enviado a la UATD, la cual realizó una contrapropuesta que se puede ver reflejada en la Tabla 3, y que finalmente es la que se ha implementado en la Facultad de Informática.

Anuales				
Tipo	Asignatura	Departamento	Nº alumnos	Virtualización
tr	Estructura de datos de la información	Sistemas Informáticos y Programación	140	Total
tr	Procesadores de lenguajes	Sistemas Informáticos y Programación	130	Sin alumnos
			250	
2º cuatrimestre				
Tipo	Asignatura	Departamento	Nº alumnos	Virtualización
obli	Ampliación de computadores y automática	Arquitectura de computadores y automática	90	Sin alumnos
Docto	Técnicas Avanzadas de Tratamiento de la Información	Sistemas Informáticos y Programación	20	Total
			110	

Tabla 2. Propuesta de la UATD de virtualización de asignaturas en la Facultad de Informática.

III. VIRTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA DE ESTRUCTURAS DE DATOS Y DE LA INFORMACION

La asignatura de Estructuras de Datos y de la Información, es una asignatura troncal de primer ciclo del plan de estudios de Ingeniero en Informática, que se cursa en segundo.

Las características que la definen son:

a. Asignatura numerosa.

Existe una gran cantidad de alumnos que se matriculan en la asignatura. Actualmente hay 3 grupos abiertos, 2 por la mañana y uno por la tarde, con una media de 140 alumnos en cada grupo. De los tres grupos, se ha virtualizado uno de la mañana.

b. Dificultad conceptual.

La materia de que versa la asignatura tiene un alto grado de abstracción y de carácter muy teórico, siendo necesaria una buena base de “Logica matemática” y “Matemática Discreta” tal como puede verse en la siguiente Tabla 4.

c. Alta tasa de suspensos y abandono de la asignatura.

Debido a su alto contenido matemático y a la débil base matemática con la que muchos alumnos llegan a la asignatura, las tasas de suspensos y abandonos son bastantes altas.

d. Rechazo generalizado por los alumnos.

Por las razones anteriores esgrimidas se trata de una asignatura que presenta un alto rechazo entre los alumnos, considerándola como un “asignatura hueso”.

<p>Titulación: Ingeniería en Informática Plan: 98</p> <p>Curso académico: 2003-2004</p> <p>Asignatura: Estructura de Datos y de la Información</p> <p>Código: UCM-360-98-410 Tipo: Troncal Nivel: Primer ciclo</p> <p>Curso: Segundo curso Cuatrimestre: Curso completo</p> <p>Créditos BOE: 15 Créditos ECTS: Por definir</p> <p>Horas/semana primer cuatrimestre: 5 horas en aula, 0 en laboratorio</p> <p>Horas/semana segundo cuatrimestre: 5 horas en aula, 0 en laboratorio</p> <p>Departamento: Dpto. de Sistemas Informáticos y Programación</p> <p>Objetivos: Razonar formalmente sobre la corrección y eficiencia de programas iterativos y recursivos en pequeña escala. Especificar tipos abstractos de datos y elegir la estructura de datos más adecuada para implementarlos.</p> <p>Conocimientos y destrezas que se requieren: Diseño informal de programas iterativos : nivel medio; Diseño por refinamientos sucesivos: nivel medio; Manejo de estructuras elementales de datos: nivel medio; Aplicación de esquemas de recorrido y búsqueda: nivel avanzado; Comprensión de la lógica de primer orden: nivel medio; Capacidad para escribir predicados: nivel medio; Capacidad para comprender los axiomas de un LP: nivel elemental; Capacidad para realizar demostraciones inductivas: nivel elemental;</p> <p>Contenidos: 1. Eficiencia de programas iterativos y recursivos. 2. Diseño de programas iterativos. 3. Diseño de programas recursivos. 4. Tipos abstractos de datos. 5. Tipos de datos lineales. 6. Tipos de datos arborescentes. 7. Tipos de datos funcionales. 8. Tipos de datos relacionales.</p> <p>Conocimientos y destrezas que se adquieren: Especificar y derivar pequeños progr. iterativos: nivel medio; Especificar y derivar pequeños progr. recursivos: nivel medio; Calcular formalmente el coste en el caso peor: nivel medio; Especificar formalmente un tipo abstracto de datos: nivel medio; Razonar sobre corrección de programas que lo usan: nivel medio; Elegir la(s) estructura(s) de datos que implemen-: nivel medio; tan un tipo abstracto de datos: nivel medio;</p> <p>Idioma en que se imparte: Español</p> <p>Método docente: Clases de teoría y clases de resolución de problemas por los alumnos. Se espera que la asignatura Laboratorio de Programación II realice prácticas relacionadas con los contenidos de esta asignatura.</p> <p>Exámenes: Primer parcial. Examen final en junio y septiembre.</p> <p>Método de evaluación: Se necesita al menos un 5 para liberar la materia del examen parcial. Esa nota se conservará hasta septiembre . Los alumnos que no han liberado materia tendran exámenes finales completos tanto en Junio como en Septiembre. Los que la han liberado tendran exámenes en Junio y Septiembre de la parte no liberada . Se valorara positivamente la participacion en las clases de problemas, especialmente en casos de aprobado dudoso.</p> <p>Bibliografía:</p> <p>Peña, R.; <i>Diseño de programas. Formalismo y abstracción</i>; Segunda edición. Prentice Hall, 1998.;</p> <p>Kaldewaij, A.; <i>The Derivation of algorithms</i>; Prentice Hall, 1990.;</p> <p>Horowitz, E., Sahni, S., Mehta, D.; <i>Fundamentals of Data Structures in C++</i>; W. H. Freeman & Co., 1995;</p> <p>Martí Oliet, N., Ortega Mallén, Y., Verdejo López, J. A.; <i>Estructuras de datos y métodos algorítmicos</i>;</p>

Tabla 3. Cuadro de información sobre la asignatura.

Ante este contexto el profesor se enfrenta al reto de motivar a unos alumnos que parten desde el principio y antes de conocer la asignatura con un alto grado de desmotivación, rechazo y miedo a la dificultad que presenta la misma([7]).

Así cuando se tuvo la oportunidad de poder virtualizar la asignatura se analizo cómo se podía llevar a cabo de forma que complementara la formación de los alumnos a nivel de conocimiento, pero que también sirviera para elevar la motivación y el interés de los alumnos por la asignatura. En este sentido se decidió que la virtualización de la asignatura se realizará en una labor de equipo y colaboración entre profesor y alumnos voluntarios que quisieran participar en la misma([10]).

Otro de los objetivos de que los alumnos participaran en la virtualización de la asignatura era que consiguieran perder el miedo a la dificultad de la misma, y desde un principio se familiarizarán con los conceptos que en ella se manejan, pudiendo sentir como propios los recursos educativos que se iban a generar([10]).

Así pues para llevar a cabo la virtualización de la asignatura surgieron una serie de problemáticas procediendo de la siguiente forma:

1. Acercamiento al entorno de la herramienta.

Lo primero que se planteo fue la realización de varias sesiones presenciales en un laboratorio de programación, para mostrar a los alumnos cómo funcionaba la herramienta y que servicios que podía ofrecer a sus necesidades.

2. Creación de una página Web para fomentar inicialmente el uso de la herramienta.

Una primera motivación para fomentar el uso de la herramienta, fue la posibilidad que tiene la herramienta para colgar páginas Web personales([9]). Cada alumno tiene una cuenta personal en la herramienta, y una de las posibilidades que ofrece este sitio personal es la de diseñar una página de bienvenida que enlace con la página personal que un alumno pueda tener en un servidor externo a la herramienta.

Así lo primero que se pidió a los alumnos es que cada alumno de una manera voluntaria diseñara su propia página web personal, la colgará en un servidor gratuito, y realizará una página de bienvenida en la herramienta, en la cual se enlazara con la página web personal. El objetivo que se tenía con esto era conseguir que el alumno al tener que realizar algo tan personal como su página web, que en general genera entre los alumnos un alto interés y dedicación, como contrapartida incrementará también su interés por el uso de WebCT.

Otros elementos que se usaron en esta primera fase de acercamiento a la herramienta por parte de los alumnos fueron([10]):

- Creación de foros de discusión de distinta temática donde los alumnos pudieran dejar sus dudas, comentarios,..., y que bien el propio profesor, o bien otros alumnos pudieran contestarle tal como se ve en la Tabla 5. Los foros pueden ser públicos, en los cuales se ve el identificador de las personas que intervienen en el foro, o bien anónimos, en los que el identificador no puede ser visto.
- Correo electrónico interno de la herramienta, de forma que los participantes puedan comunicarse entre sí.
- Pizarra virtual, en donde varios participantes pueden compartir un espacio común, en el cual pueden escribir o dibujar, y de manera simultánea pueden ver lo que hace cada uno de ellos.
- Chat, en donde pueden conversar varios participantes.
- Enlaces, en donde se colocaron los enlaces que pudieran ser interesantes para el desarrollo de la asignatura.

Foro	Caracter
Principal	Público
Temas de Teoría	Público
Temas de Problemas	Público
Exámenes	Público
Otros temas	Público
Sugerencias	Anonimo
Dudas sobre la herramienta	Público

Tabla 4. Foros creados para la asignatura.

3. Motivación de los alumnos mediante una filosofía de Premio/Castigo([9], [10]).

El siguiente paso que se tomó fue la captación de voluntarios que quisieran participar en la virtualización de la asignatura. Teníamos claro que para conseguir animar a los alumnos era necesario ofrecerles algo como contrapartida. Así pues se ofreció que todos los alumnos que participarán en esta experiencia, podrán ser compensados con hasta 2 puntos aditivos a la nota que obtuvieran en los exámenes de Febrero.

La respuesta de los alumnos fue amplia, de 140 alumnos matriculados en el curso, unos 90 alumnos, están actualmente participando en los trabajos que se realizan.

4. Una visión desde la ingeniería del software para llevar a cabo la virtualización([5])

Ante esta perspectiva de tan elevado número de alumnos para llevar a cabo la virtualización, se planteó la necesidad de arbitrar un método para poder dirigir de una manera eficaz todo el trabajo. Así se decidió tratar la virtualización como la realización de un proyecto software, aplicando técnicas de Ingeniería del software.

De esta forma el virtualización de la asignatura tomaba el papel del proyecto en general, y cuyo jefe de proyecto era el profesor de la asignatura. En este proyecto principal se dividió en varios subproyectos que llevarían a cabo diferentes tareas en la virtualización([4]).

Cada subproyecto se caracteriza por:

- Esta formado por entre 8 y 10 miembros.
- Uno de los miembros actúa como jefe del subproyecto, y tiene como misión coordinar el subproyecto, y servir de nexo entre el equipo que forma el subproyecto y el profesor.
- A su vez cada subproyecto, se divide en pequeños equipos de trabajo que realizan labores independientes pero que después tendrán que enlazarse y que el jefe del subproyecto debe supervisar.

En total se han formado 10 subproyectos o grupos de trabajos que aparecen en la tabla 6.

Subproyecto	Equipos de trabajo	Nº alumnos	Subproyectos	Equipos de trabajo	Nº alumnos
Complejidad Algorítmica	G1-Apuntes G2-Ejercicios G3-Cuestionarios G4-Exámenes	8	Trabajo 1	G1-Desarrollo G2-Implementación G3-Documentos HTML	8
Especificación formal	G1-Apuntes G2-Ejercicios G3-Cuestionarios G4-Exámenes	8	Trabajo 2	G1-Desarrollo G2-Implementación G3-Documentos HTML	8
Diseño recursivo	G1-Apuntes G2-Ejercicios G3-Cuestionarios G4-Exámenes	8	Trabajo 3	G1-Desarrollo G2-Implementación G3-Documentos HTML	8
Diseño iterativo	G1-Apuntes G2-Ejercicios G3-Cuestionarios G4-Exámenes	8	Trabajo 4	G1-Desarrollo G2-Implementación G3-Documentos HTML	8
Programa Tutor	G1-Recursión directa G2-Inmersión no final G3-Inmersión final G4-Plegado /desplegado G5-Diseño iterativo	10	Trabajo 5	G1-Desarrollo G2-Implementación G3-Documentos HTML	8

Tabla 5. Subproyectos planteados

5. Contenidos educativos que se van a generar.

Los contenidos que se van a generar se pueden dividir entre 3 tipos:

a)Material teórico/práctico básico.

En este primer tipo entran los trabajos que aparecen en la tabla denominados: Complejidad algorítmica, Especificación formal, Diseño recursivo y diseño iterativo.

El objetivo de estos trabajos es crear recursos educativos autocontenido en forma de documentos HTML sobre cada uno de los temas que consta el primer parcial de la asignatura y que facilite su aprendizaje-

a) Apuntes

b) Ejercicios

c) Cuestionarios

d) Exámenes

El resultado final debe ser un recurso que permita la navegación tal como se muestra en la Ilustración 1 de más abajo.

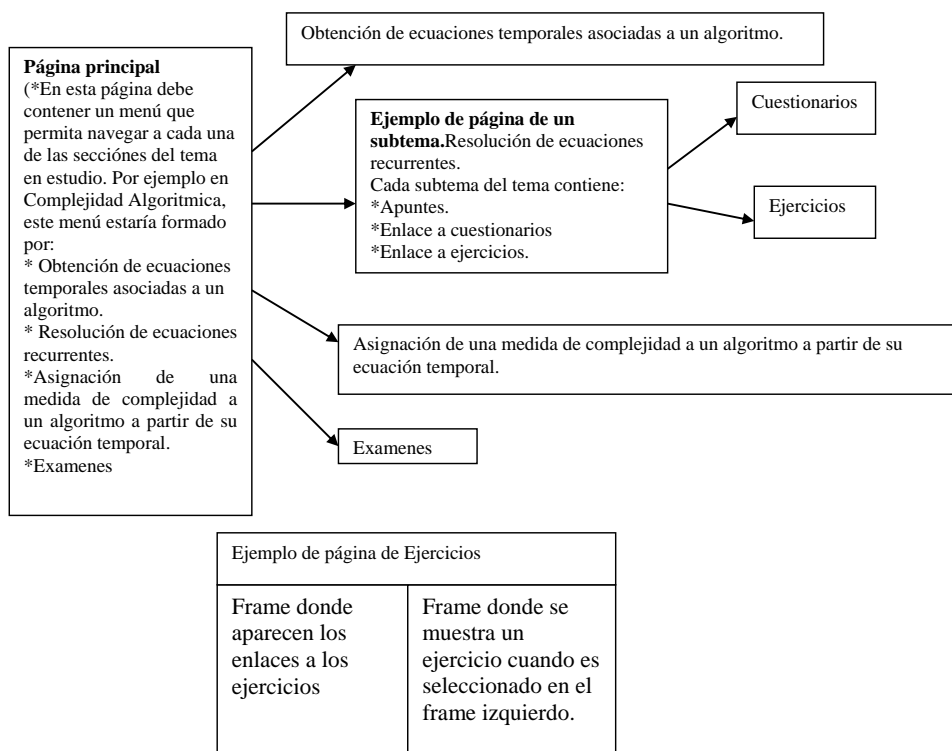


Ilustración 1. Esquema de navegación del recurso que se debe obtener.

<p>SUBPROYECTO COMPLEJIDAD ALGORÍTMICA</p> <p>OBJETIVOS. El objetivo del trabajo es la generación de recursos educativos sobre la temática de la “Complejidad Algorítmica”. En este sentido se va a entender como recursos educativos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Apuntes sobre la teoría que sustenta el tema. Ejercicios con la resolución de los mismos. Cuestionarios de autoevaluación. Exámenes. <p>PLAZO DE EJECUCIÓN. En principio el plazo máximo para entregar el material final será antes de la realización del examen de Febrero de la asignatura.</p> <p>ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO. La organización del trabajo se basa en los siguientes puntos:</p> <ol style="list-style-type: none"> En el entorno de la herramienta se dispone de un enlace denominado “Grupos de Trabajo” desde el cual se puede acceder a otra área denominada “Complejidad”. Dicha área es la zona privada de trabajo del grupo, siendo sólo visible para los alumnos del grupo. Además se dispone de un foro también privado para el grupo, en el cual solo podrán comunicarse los miembros del mismo y el profesor. Asociadas al grupo de trabajo existen 4 carpetas denominadas “Apuntes”, “Ejercicios”, “Cuestionarios” y “Exámenes”, en las cuales se irá dejando el material que se vaya generando. Sin embargo el grupo de trabajo, da la posibilidad de crear otras carpetas a los miembros del mismo, y así como otra serie de privilegios. Respecto a la organización del trabajo sólo existe un requisito, y es la elección entre los integrantes del grupo, de un coordinador del grupo, que sirva de enlace entre el grupo y el profesor, y lleve a cabo la coordinación del resto de miembros. En este sentido lo ideal (solo es una recomendación) es que los miembros se dividieran en subgrupos monotemáticos, dedicados a un solo tema del trabajo(subgrupo de apuntes, subgrupo de ejercicios,...). El nombre de la persona coordinadora y de los subgrupos que se formen deberá ser comunicado al 	<p>Indicaciones particulares:</p> <ol style="list-style-type: none"> Con el fin de conseguir el objetivo de ser un material autocontenido, los materiales que se realicen deberán tener una secuenciación y unos enlaces lógicos entre si. En este sentido desde los documentos HTML referidos a apuntes deberán haber enlaces a los documentos HTML de ejercicios y cuestionarios relacionados con el subtema que se esté tratando. Así por ejemplo al final del subtema de “obtención de ecuaciones temporales asociadas a un algoritmo”, deberían aparecer enlaces a los ejercicios y cuestionarios relacionados con el subtema de “obtención de ecuaciones temporales asociadas a un algoritmo”. Los enlaces a los exámenes aparecerán al final del documento de los apuntes, como forma de evaluación final del conocimiento aprendido. Con respecto al documento HTML: <ol style="list-style-type: none"> Estructurar utilizando HTML Utilizar solo un mínimo de etiquetas HTML: las que dan estructura, evitar las de formato. Estructura de bloque: Cabeceras <Hn> Párrafo <p> tablas <table> ... , pueden contener párrafos listas , pueden contener párrafos Estructura de línea: anclas <a> La definición de la estructura lógica de los apuntes descansa en la utilización de las etiquetas: <div> para agrupar elementos bloque y para agrupar secuencias de palabras en un párrafo. El atributo "class" utilizado en esas etiquetas nos permite identificar el "role" lógico del bloque acotado con <div> o de la frase acotada con La estructura básica del documento de apuntes es la típica: Temas, secciones y sub-secciones. <p>b) Una posible forma de organización de las páginas HTML Desde una página principal se accede a los temas. Cada</p>
---	--

<p>profesor.</p> <p>3) Respecto a los hitos del trabajo, se establecerá como entrega de resultados parciales cada viernes de cada semana, comenzando a partir del viernes 5 de Diciembre. La entrega de trabajos será virtual, debiendo dejar los materiales creados hasta ese momento en las carpetas antes comentadas.</p> <p>4) Las dudas que puedan surgir en la realización del trabajo se resolverán mediante el uso del foro privado o el correo electrónico disponible en el entorno de trabajo. Sin embargo si la realización del trabajo lo hiciera necesario se podrían articular reuniones personales.</p> <p>5) Un desaprovechamiento continuado y la falta de resultados supondrá la finalización inmediata del grupo de trabajo o de los miembros que obstaculicen su realización.</p> <p>6) El trabajo tendrá una valoración máxima de 2 puntos. Dicha valoración será añadida a la nota que se obtenga en el examen de Febrero.</p> <p><u>INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS</u></p> <p>El principal objetivo en la elaboración de estos recursos es disponer de un material virtual autocontenido en forma de documentos HTML sobre el tema de la "Complejidad Algorítmica".</p> <p>El tema de la "Complejidad Algorítmica" se puede dividir en varios subtemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Obtención de ecuaciones temporales asociadas a un algoritmo. * Resolución de ecuaciones recurrentes. * Asignación de una medida de complejidad a un algoritmo a partir de su ecuación temporal. <p>En este sentido los trabajos a realizar son:</p> <p>e) Apuntes Escritura en formato HTML de los apuntes facilitados en clase, así como la creación de los enlaces necesarios a los materiales creados por el resto de miembros del grupo.</p> <p>f) Ejercicios Escritura en formato HTML de los ejercicios resueltos en clase. Los ejercicios se deben escribir en documentos separados para cada uno de los subtemas que integran la materia.</p> <p>g) Cuestionarios Confección de cuestionarios de autoevaluación de la materia en formato HTML. Los cuestionarios se deben realizar para cada uno de los subtemas que integran la materia. En este caso se deberán generar cuestionarios de 20 preguntas de tipo test con respuesta única y/o múltiple sobre la materia, los cuales incluyan casillas para seleccionar y un enlace para validar que permita</p>	<p>tema tiene un índice (puede ser una página distinta o estar en la misma página que el tema) para acceder a las secciones y subsecciones del tema (no necesariamente a todas)</p> <p>Una página HTML se puede corresponder con todo un tema, con varias secciones o con una sección. También puede haber páginas HTML (referenciadas desde el contenido de los temas) con información específica (de un tema o sección, o con información común a varios temas)</p> <p>Dentro de cada página HTML y a efectos de presentación utilizaremos <code><div class="seccion" o "subseccion"></code> para agrupar los bloques formando una jerarquía de secciones y subsecciones.</p> <p>Una página HTML, especialmente si es extensa, podría comenzar con un bloque índice de secciones, sub-secciones y quizá algún otro elemento importante, enlazando con su contenido.</p> <p>Dentro de las secciones y subsecciones los valores del atributo "class" nos permiten identificar lo que es cada bloque, pero en principio sin ninguna estructura especial (¿habría que utilizar una estructura? p.e. seguir la secuencia: enunciado del problema, ejemplos, conceptos, definiciones, ...)</p> <p>c) Posible valores del atributo "class" en <code><div></code> class {introduccion, ejemplo, explicacion, concepto, definicion, nota-explicativa, ejercicio, ...}</p> <p>Dentro de cada uno de los bloques anteriores si hay que identificar una frase se utiliza <code><a></code> si es un ancla y <code></code> para destacar cualquier otra característica.</p> <p>d) Posibles valores del atributo "class" en <code></code> class {importante, muyimportante, enlace a: explicación, concepto, definición, }</p> <p>4) Con respecto a la realización de los cuestionarios, se puede hacer directamente usando HTML y JavaScript, o bien usar una herramienta gratuita visual, que permite generar cuestionarios de una forma automática con solo pasarle cómo queremos que sea el cuestionario. Esta herramienta se llama HotPotatoes, y una dirección en español sobre el tema la tenéis en: http://www.ecomur.com/hotpotatoes/</p> <p>5) Fotocopias de parte del material serán entregadas por el profesor al grupo de trabajo.</p>
---	--

saber cuántas preguntas han sido acertadas, y cuantas han sido erróneas, es decir que se permita su evaluación automática.	
h)Exámenes Confección de exámenes en formato HTML, así como su resolución. En este caso los documentos estarán formados por dos partes. Un documento con el enunciado del problema a resolver, el cual tendrá enlaces en cada ejercicio, a un documento con las soluciones del examen. Cada examen constará de 10 preguntas.	

Tabla 6. Especificación del subproyecto de Complejidad Algorítmica

b)Problemas aplicados.

En este tipo entran los trabajos que aparecen en la tabla denominados: Trabajo 1, Trabajo 2, Trabajo 3, Trabajo 4 y Trabajo 5..

De igual forma que antes a cada uno de los subproyectos se le ha proporcionado una especificación similar en la que detalladamente se explica lo que el subproyecto debe realizar.

El objetivo de estos trabajos es la generación de recursos educativos que ilustren el desarrollo completo de un supuesto práctico del que únicamente se conoce el enunciado del problema. El material virtual debe ser autocontenido en forma de documentos HTML, repartiéndose el trabajo de la siguiente forma:

a)Grupo de desarrollo.

Este grupo usando las técnicas explicadas en clase debe derivar formalmente:

1. Especificar una función que resuelva el problema planteado.
2. Diseño y verificación formal de una función recursiva no final.
3. Transformar el algoritmo en otro recursivo final mediante la técnica de desplegado y plegado posterior del algoritmo inicial.
4. Diseñar formalmente un algoritmo iterativo que resuelva el problema.
5. Transformación de la función recursiva final obtenida en una función iterativa.

b)Grupo de implementación

Este grupo debe implementar cada una de las funciones derivadas formalmente así como una función que convenientemente parametrizada, permita llamar a cualquiera de las funciones para realizar un estudio empírico del coste sobre los casos de prueba que se indiquen, es decir:

- a) Llamar a cualquiera de las funciones implementadas.
- b) Indicar el fichero del juego de datos a usar, y poder leerlo.
- c) Validar el juego de datos. Para ello se debe establecer un formato para la entrada de datos, es decir, cómo deben darse los datos en un fichero para que el programa sea capaz de reconocerlos, lo cual incluye la validación de que los datos que son dados son correctos. En este sentido los datos vendrán dados en un fichero de texto (que podría contener varias entradas) y existirán tres clases de éstas, las válidas, que supondrían datos correctos, las incorrectas, que serán aquellas que no cumplan con los requisitos para ser consideradas como datos correctos y los comentarios, que serán texto descriptivo a efectos de documentación.
- d) Ejecutar el programa con una función determinada sobre el juego de datos.
- e) Realizar el estudio empírico del coste usando todas las funciones implementadas sobre un juego de datos.
- f) Dado un juego de pruebas, poder ejecutarlo y comparar su salida con la salida esperada para verificar empíricamente la corrección del programa.

Los resultados de las diferentes posibles ejecuciones deberán escribirse sobre un fichero de salida. Además el programa debe ir documentado, usando la especificación obtenida en el diseño formal.

c)Grupo de documentos HTML

Este grupo debe llevar a cabo la transformación de los resultados obtenidos en las distintas fases a un recurso educativo, para lo cual se debe:

- a) Escribir los desarrollos realizados en forma de documentos HTML.
- Así se deberán tener los siguientes documentos html:

- *Especificación de la función que resuelva el problema planteado.
- *Diseño y verificación formal de la función recursiva no final.
- *Transformación de la función recursiva no final en otra recursiva final mediante la técnica de desplegado y plegado.
- *Diseño formal de un algoritmo iterativo que resuelva el problema.
- *Transformación de la función recursiva final obtenida en una función iterativa.
- *Implementación de cada uno de los algoritmos obtenidos, así como del programa principal.
- *Juegos de pruebas.

Cada uno de los documentos debe ser navegable, es decir deben tener enlaces que permitan ver los distintos desarrollos, así como las explicaciones de cómo se han llegado a estos desarrollos.

b) Escribir una interfaz principal en HTML que permita navegar a los documentos antes mencionados y que permita ejecutar un applet de Java con el programa implementado, para poder visualizar las facilidades del mismo. Con el fin de conseguir el objetivo de ser un material autocontenido, los documentos se realicen deberán tener una secuenciación y unos enlaces lógicos entre sí. En este sentido por ejemplo desde los documentos HTML referidos a la transformación mediante plegado y desplegado debería haber enlaces a los diferentes pasos, que serán a su vez nuevos documentos html, es decir debe haber enlaces a los documentos: árbol sintáctico de la función recursiva, sustituciones aplicadas o generalización, desplegado y plegado, llamada inicial y código de la función recursiva final

c) Programa de ayuda al estudio.

El objetivo de este trabajo es la creación de un programa que actúe como un tutor artificial más o menos inteligente que ayude a los alumnos a comprender los pasos que tienen que dar para poder diseñar un algoritmo. En este sentido los requisitos principales de la herramienta son:

a) Interfaz principal

La herramienta debe disponer de una interfaz principal desde la cual se permita al usuario seleccionar entre las siguientes posibilidades:

- a. Crear nueva función.
- b. Cargar función de archivo.
- c. Salir.

b) Crear una nueva función.

Esta opción debe llevar mediante un enlace a una nueva página Web la cual debe dar la facilidad de elegir entre varias posibilidades:

1. Insertar enunciado del problema
2. Insertar especificación inicial de función.
3. Diseño recursivo directo.
4. Diseño recursivo por inmersión final.
5. Diseño recursivo por inmersión no final.
6. Diseño recursivo final mediante plegado y desplegado.
7. Diseño iterativo.
8. Volver a menú principal

c) Cargar una función de archivo.

Esta opción debe permitir al usuario cargar desde un fichero una función para procesar en los apartados anteriores.

d) Salir.

Esta opción debe permitir al usuario finalizar la aplicación.

Cada uno de los equipos de trabajo de este subproyecto se encarga de la realización de uno o más de los puntos señalados en los requisitos. El recurso se está realizando con PHP, para facilitar su implantación en un entorno Web, y con soporte sobre una base de datos MySQL.

6. Dinámica y plazos de entrega.

Todas las especificaciones entregadas a los subproyectos se caracterizan por estar formadas por los siguientes apartados:

- a)Objetivos del subproyecto.
- b)Plazo de ejecución.
- c)Organización del trabajo.
- d)Instrucciones específicas.

En principio el plazo máximo para entregar el material final debe ser antes de la realización del examen de Febrero de la asignatura, y respecto a la organización del trabajo, ésta se ha tratado de aprovechar las ventajas que proporcionaba WebCT para llevar a cabo trabajo colaborativo, y cuyos puntos básicos son:

- 1)En el entorno de la herramienta se dispone de un enlace denominado “Grupos de Trabajo” desde el cual se puede acceder a otra área privada de trabajo del grupo, siendo sólo visible para los alumnos del grupo. Además se dispone de un foro también privado para el grupo, en el cual solo podrán comunicarse los miembros del mismo y el profesor.
Asociados al grupo de trabajo existen 1 carpeta denominada “Resultados” en la cual se irá dejando el material que se vaya generando. Sin embargo el grupo de trabajo, da la posibilidad de crear otras carpetas a los miembros del mismo, y así como otra serie de privilegios.
- 2)Respecto a la organización del trabajo sólo existe un requisito, y es la elección entre los integrantes del grupo, de un coordinador del grupo, que sirva de enlace entre el grupo y el profesor, y lleve a cabo la coordinación del resto de miembros. En este sentido lo ideal es que los miembros se dividieran en subgrupos monotemáticos, dedicados a un solo tema del trabajo. El nombre de la persona coordinadora y de los subgrupos que se formen deberá ser comunicado al profesor.
- 3)Respecto a los hitos del trabajo, se establecerá como entrega de resultados parciales cada viernes de cada semana, comenzando a partir del viernes 5 de Diciembre. La entrega de trabajos será virtual, debiendo dejar los materiales creados hasta ese momento en las carpetas antes comentadas.
- 4)Las dudas que puedan surgir en la realización del trabajo se resolverán mediante el uso del foro privado o el correo electrónico disponible en el entorno de trabajo. Sin embargo si la realización del trabajo lo hiciera necesario se podrían articular reuniones personales.
- 5)Un desaprovechamiento continuado y la falta de resultados supondrá la finalización inmediata del grupo de trabajo o de los miembros que obstaculicen su realización.
- 6)El trabajo tendrá una valoración máxima de 2 puntos. Dicha valoración será añadida a la nota que se obtenga en el examen de Febrero.

IV. ESTADO ACTUAL DE LA GENERACIÓN.

Los subproyectos comenzaron sus trabajos a mediados de Noviembre y actualmente el avance en cada subproyecto es diferente, habiendo trabajos muy avanzados como es el caso del subproyecto de “Especificación Formal” y otros menos avanzados como el subproyecto de “Programa Tutor”. Las razones de la diferencia de avances se deben principalmente al perfil particular de los integrantes del grupo respecto a sus conocimientos de las herramientas a usar. En líneas generales se ha podido comprobar lo siguiente:

- 1)En general los alumnos nunca habían hecho una página Web, y sus conocimientos de HTML son rudimentarios.
- 2)Aquellos alumnos que conocían algo de HTML, en muy pocos casos habían usado una herramienta de ayuda para la generación de páginas Web tales como FrontPage.
- 3)Ningún alumno había programado antes en PHP, y sólo algunos tenían conocimiento de que existiera tal lenguaje.
- 4)Ningún alumno había configurado antes un servidor Apache, ni una base de datos MySQL.
- 5)Muy pocos alumnos conocían JavaScript.

V. CONCLUSIONES.

Las principales conclusiones parciales que se pueden obtener de la experiencia hasta ahora obtenida son:

- 1)Mayor motivación del alumnado con respecto a la asignatura.
Existe una gran motivación entre los alumnos participantes debido a dos razones. Por una parte, el “premio” de 2 puntos que pueden obtener si finalizan con éxito y calidad el subproyecto, y por otra parte el conocimiento que están adquiriendo de herramientas que hasta el momento nunca habían usado pues no lo habían necesitado.
- 2)Mayor aprendizaje de los contenidos de la asignatura.
El hecho de tener que generar los distintos recursos educativos, está haciendo a los alumnos estudiarse la materia sin darse cuenta al tener que comprender los conceptos que ella se explican para poder realizar el trabajo que se les pide. Esta afirmación se constata en el tipo de preguntas que los alumnos realizan en el foro o bien personalmente acerca del trabajo. En este sentido es significativo que muchas de las preguntas que se

realizan en las tutorías de la asignatura están relacionadas con los trabajos que se están llevando a cabo, y con el contenido de los mismo.

Así a consecuencia de lo comentado se espera que los alumnos lleguen a los exámenes de Febrero con la materia estudiada, y evitar lo que normalmente ocurre a muchos alumnos, que dejan para última hora estudiarse la materia, y no realizarlo día a día.

3)Facilidad de WebCT para un llevar a cabo trabajo colaborativo.

WebCT ofrece un entorno ideal para llevar este tipo de trabajos. Uno de los mayores problemas de trabajar un elevado número de personas, es la necesidad de estar físicamente todos en un mismo sitio donde poder trabajar. Con WebCT desaparecen estas limitaciones, ya que ofrece diversas herramientas de comunicación que permiten a los alumnos poder trabajar en distintos lugares y de forma coordinada. Así con la única condición de tener conexión a Internet cada uno puede trabajar en su casa o donde le parezca. Puede ir dejando los resultados que va obteniendo en las carpetas que tiene en la herramienta, y que son comunes a su equipo de trabajo, de forma que el resto pueda ver lo que ha realizado. Si alguien tiene dudas sobre el trabajo realizado por otro puede escribirle un email mediante el correo interno, o bien plantear una pregunta en el foro privado. Y si es necesario una interacción directa puede acudir a la pizarra virtual, o bien a una sesión de chat.

4)Aumento de la carga de trabajo del profesor

Un aspecto negativo de esta experiencia, es el aumento de la carga de trabajo del profesor, debida a los siguientes aspectos:

- a)Para mantener la dinámica de trabajo cada día el profesor debe responder a todas las preguntas que se le van planteando en los foros. Estas preguntas son asíncronas, y pueden aparecer en cualquier momento del día. La no respuesta de las mismas, puede suponer estancar a todo un equipo de trabajo.
- b)Revisión de los trabajos que se van realizando en cada uno de los subproyectos, para dar el visto bueno o bien hacer modificaciones.
- c)Reunión semanal con el jefe de proyecto de cada subproyecto, para comentar los avances o dificultades que pueden ir surgiendo en la realización de los trabajos.
- d)Auxilio técnico de los alumnos, en el aprendizaje y uso de las nuevas herramientas que se usan para implantar los trabajos. En concreto se ha tenido que dar bastante soporte en el aprendizaje de HTML y PHP.

Así pues en líneas generales, los resultados son bastante satisfactorios, sin embargo hasta que no se realicen los exámenes de Febrero, y se entreguen los subproyectos, no se podrán tener una conclusiones finales sobre la influencia que ha tenido este tipo de trabajos en el aprendizaje y sintetización de la asignatura.

Por otra parte es una experiencia muy interesante que puede servir para aplicarla de una forma mejorada en el segundo parcial, y tal vez su extensión a otras de las asignaturas que se están virtualizando en la Facultad de Informática.

BIBLIOGRAFIA.

- [1]Blackboard. <http://www.blackboard.com>
- [2]D. A. Wiley, "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy". <http://www.reusability.org/read>
- [3]ELearning Teleformación. Diseño, Desarrollo y Evaluación de la formación a través de Internet. Editorial Gestión2000. Autores: C. Marcelo, D. Puente, M.A. Ballester, A. Palazón.
- [4]Guzdial, M.(1998). "Soporte tecnológico para el aprendizaje basado en proyectos". En Dede, C.:Aprendiendo con tecnología. Barcelona:Paidós.
- [5]Ian Sommerville.(2002). Ingeniería del Software. Addison Wesley.
- [6]Marra, R. M. y Jonassen, D.H(2001). Limitations of online courses for supporting constructive learning. Quarterly Review of Distance Education, University of Cambridge. 302-317.
- [7]McFarlane, A.(2001). El aprendizaje y las tecnologías de la información. Madrid: Santillana.
- [8]Schank, R.C.(1990). Teaching architectures. Technical Report. Northwestern University.
- [9]Sugrue, B. (2000). "Cognitive approaches to Web-based Instruction". En Lajoie, S. P: Computers as cognitive tools. Vol. II. Hillsdale:Erlbaum
- [10]Tao, P.K. y Gunstone, R.F.(1999). Conceptual change in science learning through collaborative learning at the computer. International journal of Science Education,21,39-57.
- [11]Taylor, R.(1980). The computer in the school:Tutor, tool, tutee. New York: Teachers College Press.
- [12]WebCT, University British Columbia. <http://www.webct.com/>